

**Ist das Gesicht ein besonderer Stimulus?**  
**Frühe und späte Stufen der Gesichterverarbeitung**  
**bei Kindern und Jugendlichen mit Autismus**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum naturalium  
(Dr. rer. nat.)  
im Fach Psychologie

vorgelegt von  
Julia Friederike Krebs

Fachbereich F06 - Psychologie und Sportwissenschaften  
Abteilung Entwicklungspsychologie  
Justus-Liebig-Universität Gießen

2010

vorgelegt im Dezember 2010

Tag der Disputation: 19.04.2011

1. Gutachter: Prof. Dr. Gudrun Schwarzer

2. Gutachter: Prof. Dr. Gebhard Sammer

## **Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Hamburg, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Julia Friederike Krebs

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte all den Menschen meinen Dank aussprechen, die zu der Entstehung dieser Arbeit beigetragen und mich in allen Phasen dieses Projekts unterstützt haben.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des von der DFG getragenen Graduiertenkollegs *NeuroAct*. Für die Möglichkeit, in diesem Rahmen promovieren zu können, möchte ich mich bei den Verantwortlichen herzlich bedanken. Ich danke für das entgegengebrachte Vertrauen, die finanzielle Unterstützung und die Möglichkeit zum konstruktiven Austausch zwischen den Beteiligten.

Mein ganz besonderer Dank gilt Prof. Dr. Gudrun Schwarzer für ihre langjährige allseitige Unterstützung und Förderung. Danke für die zuverlässige und kompetente Betreuung, die fruchtbaren Sitzungen intensiver Lösungssuche und die wertvolle Kritik, die diese Arbeit vorangetrieben haben. Ich fühlte mich stets ermutigt und unterstützt.

Der Abteilung für Entwicklungspsychologie danke ich für die freundliche Zusammenarbeit und spontane Hilfsbereitschaft. Dabei gilt mein besonderer Dank Franziska Degé für ihre stete Bereitschaft zu gemeinsamem Grübeln und lösungsorientiertem Diskutieren. Danke für Deine außerordentliche Hilfsbereitschaft und Deinen kritischen Blick.

Prof. Dr. Gebhard Sammer danke ich für die Hilfe bei der Auswertung der neurophysiologischen Daten und für die freundliche Bereitschaft zur Begutachtung meiner Arbeit.

Bei Dr. Olivier Pascalis und Dr. Ajanta Biswas möchte ich mich für die wiederholte Gastfreundschaft, ihre ermutigenden Worte und ihre Hilfe bei der Pilotierung des Projekts bedanken.

Dr. Inge Kamp-Becker von der Marburger Spezialambulanz für Autismus-Spektrum-Störungen danke ich für die freundliche Kooperation und ihre Unterstützung bei der Rekrutierung von Probanden, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich für ihre umfassende Unterstützung und ihr Verständnis beim Thema „sozialer Rückzug“.

Mein ganz besonderer Dank gilt den Kindern und ihren Familien, deren Teilnahme das Projekt erst möglich gemacht hat. Danke für das entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung dieses Forschungsvorhabens!

## INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG .....	1
2. EINLEITUNG .....	3
3. THEORETISCHER HINTERGRUND .....	6
3.1 Autismus .....	6
3.1.1 Symptomatik .....	7
3.1.2 Klassifikation .....	10
3.1.3 Prävalenz und Ätiologie .....	13
3.1.4 Kognitive Erklärungsansätze des Autismus .....	15
3.1.5 Neuronaler Erklärungsansatz des Autismus .....	22
3.2 Frühe und späte Gesichterverarbeitung: normale Entwicklung und autismusspezifische Abweichungen .....	26
3.2.1 Aufmerksamkeit für Gesichter .....	27
3.2.2 Frühe neuronale Verarbeitung von Gesichtern .....	32
3.2.3 Verarbeitungsstile .....	47
3.2.4 Verarbeitung verschiedener Informationen aus Gesichtern .....	57
4. GEGENSTAND DER STUDIE .....	74
4.1 Herleitung der Fragestellung und Ausblick auf die Experimente .....	74
4.2 Projekt-Organisation und Stichprobenrekrutierung .....	75
4.3 Stichprobenbeschreibung .....	77
5. STUDIE 1: SALIENZ VON GESICHTERN .....	86
5.1 Fragestellung .....	86
5.2 Methode .....	88
5.3 Ergebnisse .....	92
5.4 Diskussion .....	94
6. STUDIE 2: STRUKTURELLE ENKODIERUNG VON GESICHTERN .....	96
6.1 Fragestellung .....	96
6.2 Methode .....	99
6.3 Ergebnisse .....	103
6.3.1 N170 .....	104
6.3.2 P1 .....	112
6.4 Diskussion .....	117

7. STUDIE 3: INTEGRATION VON IDENTITÄT UND EMOTIONALEM	
AUSDRUCK .....	127
7.1 Fragestellung .....	127
7.2 Methode .....	129
7.3 Ergebnisse.....	136
7.4 Diskussion .....	138
8. GESAMTDISKUSSION .....	143
9. LITERATUR .....	156
10. ANHANG .....	177

## Abkürzungsverzeichnis

ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom
ADI-R	Diagnostisches Interview für Autismus – Revidiert (Autism Diagnostic Interview – Revised)
ADOS	Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen (Autism Diagnostic Observation Schedule)
ASS	Autismus-Spektrum-Störung
CFT 20-R	Grundintelligenztest Skala 2 – Revision
cm	Zentimeter
DSM-IV	Diagnostisches und Statistisches Handbuch Psychischer Störungen
DSM-IV-TR	Diagnostisches und Statistisches Handbuch Psychischer Störungen
EEG	Elektroenzephalographie oder Elektroenzephalogramm
EKP	Ereigniskorreliertes Potential
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
HAWIK III	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III
Hz	Hertz
ICD-10	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten, 10. Revision
IQ	Intelligenz-Quotient
kΩ	Kiloohm
M	arithmetisches Mittel
MBAS	Marburger Beurteilungsskala zum Asperger-Syndrom <sup>©</sup>
ms	Millisekunde
SD	Standardabweichung
ToM	Theory of Mind
μV	Mikrovolt

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit untersuchte bei Kindern und Jugendlichen mit Autismus, inwieweit frühe und späte Stufen der visuellen Verarbeitung auf Gesichter spezialisiert sind.

Der Arbeit ging die wissenschaftlich fundierte Beobachtung voraus, dass die Stimulusklasse „Gesicht“ in der visuellen Verarbeitung von Objekten eine Sonderrolle einnimmt, die sich sowohl auf frühen als auch auf späten Stufen beobachten lässt. Bei Kindern und Erwachsenen mit Autismus zeigen sich hingegen Schwächen in der Verarbeitung sozial relevanter Informationen. Für sie wurden immer wieder Abweichungen von einer gesichtsspezifischen Verarbeitung dokumentiert. Die Befunde beziehen sich dabei bisher vornehmlich auf späte Verarbeitungsstufen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Zusammenspiel von Defiziten und Kompetenzen auf frühen und / oder späten Stufen des Gesichterverarbeitungsprozesses genauer zu beleuchten. Dafür wurde in jeweils einer Gruppe autistischer und nicht-autistischer Kinder mit insgesamt drei Experimenten die Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems auf frühen und späten Stufen des visuellen Verarbeitungsprozesses erfasst.

Um die frühen Verarbeitungsstufen zu untersuchen, wurde zunächst in einem Verhaltensexperiment die automatische Aufmerksamkeit für Gesichter angesprochen. Unter sehr kurzer Darbietungszeit sollten die Kinder Tiere in Bildern erkennen. Die autistischen Kinder zeigten bei dieser Aufgabe weniger Ablenkung durch gelegentlich dargebotene Gesichter als die nicht-autistische Kinder. Die Ergebnisse deuteten an, dass Gesichter für autistische Kinder auf frühen Verarbeitungsstufen weniger salient sind.

Dieser Befund wurde gestützt von der anschließenden Untersuchung auf neuronaler Ebene: mit Hilfe ereigniskorrelierter hirnelektrischer Potentiale wurde die früheste beobachtbare Reaktion auf visuelle Stimuli sichtbar gemacht. Insbesondere für die frühe Komponente N170, die die sehr frühe Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung repräsentiert, wurden deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen offenbar. Zwar zeigten auch die autistischen Kinder stärkere Reaktionen auf Gesichter als auf Objekte. Ihre neuronale Reaktion auf verschiedene Arten von Gesichtern zeigte sich hingegen weniger differenziert. Zudem wies die Spannungsverteilung bei den autistischen Kindern nicht die für Gesichter übliche Rechtslateralisierung auf. Die Ergebnisse legen bereits für



sehr frühe Verarbeitungsstufen grundlegende Unterschiede zwischen den Gruppen in den neuronalen Aktivierungsmustern nahe.

In einem Reaktionszeitexperiment wurden schließlich die späteren Stufen der Gesichterverarbeitung untersucht. Betrachtet wurde die komplexe Verarbeitung mehrerer Stimulusinformationen in Form von gleichzeitiger Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck eines Gesichts. Dafür sollten Gesichter anhand einer Stimulusinformation klassifiziert werden, wobei die andere Information ignoriert werden sollte. Bei gesunden Kindern bestätigte sich eine asymmetrische Verarbeitung der Informationen: die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks wurde von der Identität des Gesichts beeinflusst, aber nicht umgekehrt. Die autistischen Kinder zeigten hingegen eine voneinander unabhängige Verarbeitung für beide Informationen.

Insgesamt ließ sich für die autistischen Kinder bereits auf frühen Stufen eine deutliche Abweichungen von den Reaktionsmustern der nicht-autistischen Kinder feststellen, die sich auf späten Stufen zu manifestieren scheinen. Diese Ergebnisse wurden vor dem Hintergrund etablierter Gesichterverarbeitungsmodelle und verschiedener kognitiver Erklärungsansätze aus der Autismusforschung diskutiert.

## 2. EINLEITUNG

Ende des 18. Jahrhunderts beobachtete der deutsche Schriftsteller und Wissenschaftler Georg Christoph Lichtenberg:

*Die unterhaltendste Fläche auf der Erde für uns ist die des menschlichen Gesichts.*

Lichtenberg stellte damit heraus, dass das menschliche Gesicht für uns ein ungewöhnlich interessanter Stimulus ist. Tatsächlich ist es von grundlegender Bedeutung für unsere soziale Interaktion, denn es hält statische Informationen über die Identität, das Alter und Geschlecht aber auch über die Attraktivität einer Person bereit. Gleichzeitig transportiert es veränderbare Informationen über die emotionale Verfassung der Person, ihre Absichten und Interessen und gibt nicht zuletzt Hinweise darauf, wie ihre gesprochenen Worte zu verstehen sind. Entsprechend der Vielzahl und sozialen Relevanz dieser Informationen fokussieren wir im zwischenmenschlichen Kontakt lieber das Gesicht des Gegenübers als andere Körperteile oder Objekte der Umgebung.

Während Lichtenbergs Feststellung vor gut 200 Jahren aus Alltagsbeobachtungen heraus erfolgte, konnte inzwischen auch die Forschung zur visuellen Verarbeitung von Objekten eindrucksvoll eine Sonderrolle der Stimulusklasse „Gesicht“ nachweisen. Gemeint ist, dass sich in der visuellen Wahrnehmung und Verarbeitung selektiv für Gesichter Besonderheiten zeigen, die bei anderen Objekten nicht auftreten.

Solche Besonderheiten lassen sich sowohl auf frühen als auch auf späten Stufen des Verarbeitungsprozesses beobachten. Unter frühen Stufen der Verarbeitung versteht man im Allgemeinen Reaktionen, die unmittelbar auf das Auftreten des visuellen Reizes folgen. Diese Reaktionen sind automatisch und unbewusst und sind dadurch gekennzeichnet, dass sie von anderen kognitiven Prozessen noch weitgehend unbeeinflusst sind. Eine Spezialisierung für Gesichter zeigt sich hier in Form von prompter Aufmerksamkeit für Gesichter (z.B. Hershler & Hochstein, 2005) sowie einer schnellen Unterscheidung von Gesichtern zu Objekten (z.B. Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996). Diese Mechanismen tragen zu einer besonders günstigen Ausgangssituation für die Weiterverarbeitung des Stimulus bei. In diesen sich zeitlich anschließenden späteren Verarbeitungsstufen wirken auch andere kognitive Prozesse, willentliche Einflüsse und motorische Reaktionen. Diese Stufen der Gesichterverarbeitung sind gekennzeichnet durch einen exklusiven kognitiven Verarbeitungsstil, nämlich eine ganzheitliche bzw. globale

Verarbeitung des Stimulus (z.B. Maurer, Le Grand, & Mondloch, 2002). Der ganzheitliche Verarbeitungsstil bei Gesichtern steht im Gegensatz zu einer eher merkmalsbasierten Verarbeitung von Objekten, und ermöglicht es, Gesichter mit all ihren statischen und veränderbaren Informationen schnell und trotzdem genau zu verarbeiten.

Eine Spezialisierung für Gesichter lässt sich schon bei Neugeborenen beobachten. Bereits wenige Minuten nach der Geburt zeigen diese eine Präferenz für Gesichter (Goren, Sarty, & Wu, 1975). Mit einem solchen Interesse ausgestattet wenden wir uns verstärkt Gesichtern zu und werden somit im Laufe unserer Entwicklung immer erfahrener im Umgang mit ihnen. Die Entwicklung der Gesichterspezialisierung geschieht dabei universell, selbstverständlich und ohne willentliche Steuerung.

Eine bemerkenswerte Ausnahme zeigt sich bei Menschen mit Autismus. Autistische Störungen sind durch eine qualitative Beeinträchtigung der sozialen Interaktion und Kommunikation gekennzeichnet und so ist Gesichterwahrnehmung als eine der Kernkompetenzen sozialer Interaktion im Rahmen dieses Störungsbildes ebenfalls betroffen. Kinder und Erwachsene mit Autismus vermeiden Blickkontakt, Kontaktaufnahme und Smalltalk und lassen ein Verständnis für Emotionen, Interessen oder Absichten anderer Personen vermissen. Dabei tun sie sich nicht nur schwer, diese Informationen vom Gesicht einer anderen Person abzulesen, sondern wenden auch selbst weniger Mimik und Gestik an (z.B. Gross, 2004; McIntosh, Reichmann-Decker, Winkielman, & Wilbarger, 2006).

Die bisherige Forschung zur Gesichterverarbeitung bei Menschen mit Autismus konzentriert sich fast ausnahmslos auf späte Stufen der Gesichterverarbeitung, wie etwa die verwendeten Verarbeitungsstrategien (Deruelle, Rondan, Salle-Collemiche, Bastard-Rosset, & Da Fonseca, 2008; van der Geest, Kemner, Verbaten, & van Engeland, 2002), oder das Erkennen von Identität (z.B. Corsello, 2000; Klin, et al., 1999) und emotionalem Ausdruck (z.B. Gross, 2004; Hobson, Ouston, & Lee, 1988). Auf diesen späten Stufen fließen jedoch viele sensorische, perzeptuelle, kognitive und gegebenenfalls auch motorische Prozesse zusammen, so dass die eigentlichen Ursachen für Abweichungen in der Gesichterverarbeitung nur schwer zu erkennen sind. Um diese Ursachen besser verstehen zu können, müssen auch frühe automatische Reaktionen auf Gesichter betrachtet werden, da diese relativ unbeeinflusst von anderen Prozessen sind. Gleichzeitig nehmen frühe Prozesse unweigerlich Einfluss auf alle nachfolgenden Verarbeitungsstufen und könnten die hier beobachteten Defizite miterklären.

Um dem Zusammenspiel von Defiziten und Kompetenzen auf frühen und / oder späten Stufen der Gesichterverarbeitung nachgehen zu können, müsste man also innerhalb derselben Gruppe von Personen Gesichterverarbeitungsfähigkeiten auf beiden Verarbeitungsstufen betrachten. Dies war Ziel der vorliegenden Arbeit. An jeweils einer Gruppe autistischer und nicht-autistischer Kinder wurde die Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems auf frühen und späten Stufen des visuellen Verarbeitungsprozesses untersucht.

Zwei Studien betrachteten dabei die frühe Verarbeitung. Auf Verhaltensebene sollte sich zeigen, ob Gesichter auch für autistische Kinder von natürlicher Attraktivität sind und Aufmerksamkeit verstärkt auf sich ziehen. Zusätzlich wurde auf neuronaler Ebene untersucht, ob sich auch bei autistischen Kindern in den frühen neuronalen Reaktionen eine Spezialisierung für Gesichter zeigt.

Die dritte Studie bezog sich auf späte Verarbeitungsstufen und betrachtete die komplexe Verarbeitung mehrerer Informationen, die ein Gesicht normalerweise zur Verfügung stellt, nämlich die gemeinsame Verarbeitung von emotionalem Ausdruck und Identität von Gesichtern.

Die Fähigkeit, Gesichtern Informationen richtig zu entnehmen und sie in sein eigenes soziales Handeln zu integrieren, ist für das zwischenmenschliche Miteinander von grundlegender Wichtigkeit. Da genau diese Fähigkeiten bei Menschen mit Autismus Einschränkungen aufweisen, ist es notwendig, gezielte Interventionsverfahren zu haben, die Menschen mit Autismus langfristig die Kontaktaufnahme und das Aufrechterhalten von sozialen Kontakten erleichtern. In den letzten Jahren gab es immer wieder Bemühungen, Gesichterverarbeitungsfähigkeiten bei Kindern und Erwachsenen mit Autismus zu fördern, bislang aber nur mit mäßigen und vor allem selten anhaltenden Erfolgen. Erkenntnisse darüber, an welcher Stelle im Prozess der Gesichterverarbeitung Defizite auftreten, könnten dazu beitragen, diese Interventionsverfahren zu verbessern und effektiver zu machen, und somit einen Beitrag zur Erleichterung des Alltags für Menschen mit Autismus und ihre Angehörigen leisten.

### 3. THEORETISCHER HINTERGRUND

#### 3.1 Autismus

Den Begriff „Autismus“ haben die meisten Menschen in ihrem Leben schon einmal gehört. Die Internet-Suchmaschine Google Deutschland ermittelt zum heutigen Zeitpunkt (Dezember 2010) binnen 0.13 Sekunden ungefähr 467 000 Ergebnisse und der Online-Versand Amazon schlägt zu diesem Suchbegriff allein in der Rubrik deutsche Bücher insgesamt 2 627 Veröffentlichungen vor. Das Interesse der Öffentlichkeit an dem Thema scheint groß zu sein. Dennoch, gefragt nach dem Verständnis dieses klinischen Bildes, verstummen die meisten Menschen oder bemühen die Formulierung: „Die Betroffenen leben irgendwie in ihrer eigenen Welt.“

Diese Reaktion überrascht nicht, denn tatsächlich verbirgt sich hinter dem Begriff Autismus ein sehr komplexes und heterogenes Störungsbild mit unklarer Ätiogenese, welches schwer zu diagnostizieren ist.

Der Begriff *Autismus* (griechisch, „autos“ (selbst) und „ismos“ (Zustand, Orientierung)) wurde geprägt von dem schweizer Psychiater Eugen Bleuler. Er beschrieb damit den egozentrischen Rückzug in sich selbst und die eigene Gedankenwelt, bei gleichzeitigem Abschied von der Außenwelt im Rahmen schizophrener Störungen (Bleuler, 1911). 1943 publizierte dann Leo Kanner (Kanner, 1943) eine Untersuchung an acht Jungen und drei Mädchen, bei denen er die Unfähigkeit, einen normalen, biologisch vorprogrammierten, affektiven Kontakt zu anderen Menschen aufzubauen, beobachtete. Kanner verstand damit Autismus als eine in erster Linie emotionale Störung und ging bereits davon aus, dass diese angeboren sei. Fast zeitgleich zu der Veröffentlichung von Kanner publizierte auch Hans Asperger (1944) seine Arbeit über „Autistische Psychopathen im Kindesalter“. Er hatte Auffälligkeiten in der Kommunikation und im Kontaktverhalten bei vier Jungen festgestellt und verstand diese als Extremvariante eines normalen Persönlichkeitszuges beziehungsweise als Extremvariante von Männlichkeit. Auch Asperger vermutete, dass es sich bei diesem klinischen Bild um eine angeborene Störung handelte.

Bis heute unterliegt das Konzept des Autismus ständigem Wandel und Weiterentwicklung. Der derzeitige Konsens über die Symptomatik und Klassifikation autistischer Störungen sowie die aktuellen Bemühungen, das Störungsbild ätiologisch

einzuordnen, sollen als zentraler theoretischer Hintergrund der vorliegenden Arbeit gleich zu Beginn vorgestellt werden.

### **3.1.1 Symptomatik**

#### *Symptomtrias*

Die Autismus-Symptomatik beinhaltet typischerweise eine Symptomtrias aus sozialen, kommunikativen und imaginativen Störungen. Obwohl bei Patienten mit einer autistischen Störung Symptome aus allen drei Symptomgruppen vorliegen, fällt das autistische Erscheinungsbild insgesamt aufgrund großer individueller Unterschiede in Schwere und Qualität der Symptome enorm heterogen aus, zumal auch das Intelligenzniveau sehr unterschiedlich ausfallen kann.

*Soziale Störungen.* Die gegenseitige soziale Interaktion ist bei autistischen Störungen deutlich und anhaltend beeinträchtigt. Eingeschränkt sind sowohl das Verständnis für soziale Signale und Regeln als auch die Beherrschung sozialer Fähigkeiten. Betroffene können soziale und emotionale Signale Anderer nur unzureichend einschätzen und gebrauchen sie auch selbst nur in eingeschränktem Maße. Dies äußert sich beispielsweise in Gestik, Blickkontakt und Grußverhalten. Die Interaktion mit anderen Personen beschränkt sich auf den Austausch von objektiven Informationen und hat keine sozial-kommunikativen Komponenten wie etwa Anteilnahme oder das Teilen von Freude oder Interessen.

Das Bewusstsein Anderen gegenüber ist deutlich eingeschränkt und so werden Gedanken, Affekte und Überzeugungen des Gegenübers kaum wahrgenommen oder in das eigene Verhalten integriert. Entsprechend zeigen Betroffene große Schwierigkeiten in der Kontaktaufnahme und darin, Beziehungen zu Gleichaltrigen aufzubauen. Bei jüngeren Personen besteht in der Regel kein oder wenig Interesse an Freundschaften. Vor allem bei Betroffenen mit einem allgemein hohen kognitiven Niveau kann sich aber später das Interesse an anderen Personen entwickeln, was durch die eingeschränkten Fähigkeiten, Beziehungen aufzubauen und aufrecht zu erhalten, nur unzureichend erfüllt werden kann.

*Kommunikative Störungen.* In der Kommunikation sind sowohl verbale als auch nonverbale Fähigkeiten beeinträchtigt. In der verbalen Kommunikation zeigen sich Auffälligkeiten in Form von Sprachentwicklungsverzögerungen, dem plötzlichen Abbrechen einer Sprachentwicklung oder dem völligen Ausbleiben gesprochener Sprache, wobei kaum nonverbale Kompensationsversuche unternommen werden. In Fällen fließender Sprache fällt oft ein ungewöhnlicher Gebrauch auf, wie beispielsweise

Wortrituale, Neologismen und Pronominalumkehr. Nonverbal zeigen sich vor allem Beeinträchtigungen im Gebrauch der Sprachmelodie, dabei sind Tonhöhe, Intonation oder Betonung auffällig oder inadäquat und der Sprachstil pedantisch und idiosynkratisch. Begleitgestik wird kaum eingesetzt.

Die vorhandenen sprachlichen Fertigkeiten werden im Allgemeinen nicht zum sozialen Gebrauch eingesetzt. Es zeigt sich eine Unfähigkeit, ein Gespräch zu beginnen bzw. ein gleichberechtigtes, wechselseitiges Gespräch im Sinne einer Konversation oder Small-Talk überhaupt zu führen. Ein relativer Mangel an Kreativität und Phantasie im Denkprozess führt auch zu wortwörtlicher Auffassung von Sprache, so dass sich Probleme beim Verstehen von Ironie und Sprichwörtern ergeben. Entsprechend liegt oft das expressive Sprachniveau autistischer Personen höher als das Rezeptive.

Im Kindesalter werden die kommunikativen Schwierigkeiten auch im Spielverhalten deutlich: die Kinder spielen weniger und beschäftigen sich lieber alleine. Es zeigen sich kein So-tun-als-ob- oder Phantasie-Spiel. Im Kleinkindalter zeigen die Kinder nicht das typische sozial-imitierende Spiel.

*Imaginative Störungen.* Imaginative Symptome umfasst eingeschränkte, sich wiederholende und stereotype Verhaltensmuster, Interessen und Aktivitäten. Verhalten und Aktivitäten werden stark von Routinen und festgelegten Abläufen bestimmt. Diese betreffen nicht nur den Tagesablauf sondern schließen auch nicht funktionale Gewohnheiten mit ein. Es wird auf dem genauen Einhalten von Tagesabläufen, Regeln und Zeitabsprachen bestanden und mit starkem Widerstand auf Veränderungen der bekannten Abläufe aber auch der Umgebungsgestaltung reagiert.

Des Weiteren ist das autistische Verhalten von der Entwicklung enorm intensiver Interessen auf einem engumschriebenen Gebiet geprägt, welche zu einer ausschließlichen und intensiven Beschäftigung mit dem entsprechenden Gegenstand führen. Es handelt sich im Allgemeinen um sehr ungewöhnliche Interessen (Kanalisation, Schrauben, Geheimdienste, Glühbirnen), es kommen aber auch intensive normale Interessen (Computer, Dinosaurier, Briefmarken, Astronomie) vor, die ungewöhnlich viel Zeit beanspruchen. Die intensive Beschäftigung mit dem individuellen Interesse kann zu stereotypen Beschäftigungen führen. Dies ist vor allem für Daten, Fahrtrouten oder Fahrplänen zu beobachten, die dann in immer gleicher Form und Reihenfolge aufgesagt und wiederholt werden.

Oft entwickelt sich ein spezifisches Interesse an Teilaspekten von Objekten, beispielsweise wie sie riechen oder sich anfühlen. Insgesamt findet sich häufig ein

Interesse an Geschmack, Gerüchen, Geräuschen, Lichteffekten oder der Beschaffenheit von Oberflächen. Besonders in der frühen Kindheit kann eine spezifische Bindung an ungewöhnliche, typischerweise nicht weiche Objekte vorhanden sein, so dass deren Verlust zu Unruhe oder Kummer führt.

Im motorischen Bereich finden sich wiederkehrende, ungewöhnliche Bewegungen, wie beispielsweise Jaktieren, Hand- und Fingermanierismen, Flattern, Erstarrungen und Verdrehungen des Körpers. Neben diesen motorischen Stereotypen ist nicht selten autoaggressives Verhalten zu beobachten.

### *Zugehörige Merkmale der Störung*

Typisch für autistische Störungen sind weiterhin Unausgewogenheiten im kognitiven Leistungsprofil. Ungeachtet des allgemeinen Intelligenzniveaus liegen dabei nicht selten einzelne Fähigkeiten weit über- oder unterhalb des Gesamtwerts.

Im sensorischen Bereich zeigen sich sonderbare Reaktionen auf verschiedene Reize, zum Beispiel eine hohe Schmerzschwelle, Übersensibilität gegenüber Tönen und Berührungen, übersteigerte Reaktionen auf Licht oder Gerüche oder Faszination von gewissen gewöhnlichen Reizen.

Auch in Stimmung und Affekt lassen sich Auffälligkeiten beobachten, wie Kichern oder Weinen ohne ersichtlichen Grund oder das offensichtliche Fehlen emotionaler Reaktionen in emotionalen Situationen. Der Affekt ist oft auch dann unangemessen, wenn beispielsweise realen Gefahren ohne Furcht begegnet wird oder sich eine Ängstlichkeit gegenüber harmlosen Dingen entwickelt.

Es kommt vor, dass sich die speziellen Interessen von Personen mit autistischen Störungen zu sogenannten Inselbegabungen ausweiten. Es handelt sich dabei um Begabungen in einem umschriebenen Bereich, die über dem allgemeinen individuellen Niveau bzw. der allgemeinen Norm liegen. Die Prävalenz liegt bei ca. 10% (Rimland, 1978). Bei spektakulären Talenten wird vom Savant-Syndrom gesprochen (Treffert, 1988). Diese besonderen Leistungen treten plötzlich und ohne sichtbares Training auf, meist im Alter zwischen 4 und 8 Jahren, und betreffen vornehmlich die Gebiete Musik, Zeichnen, Rechnen und Mnestik (Bölte, Uhlig, & Poustka, 2002; Heaton & Wallace, 2004). Einige der Fälle sind international sehr bekannt geworden. Es sind Fähigkeiten wie Kalenderrechnen, absolutes Gehör, fotografisches Gedächtnis und Hyperlexie. Das Savant-Syndrom wird zwar verstärkt bei autistischen Störungen beobachtet, konnte aber auch



schon bei Blindheit, Schizophrenie, Tourette-Syndrom und Morbus Alzheimer entdeckt werden (Miller, 1999).

### *Komorbidität*

Grundsätzlich kann zwischen idiopathischem und syndromalem Autismus unterschieden werden. Der idiopathische Autismus beschreibt ein Störungsbild, bei dem der Autismus als Hauptbeeinträchtigung im Vordergrund steht. Im Gegensatz dazu ist die autistische Symptomatik im syndromalen Autismus Teil einer anderen Erkrankung, beziehungsweise als Folge daraus zu verstehen. Die häufigsten dieser Syndrome sind: Fragiles-X-Syndrom, Angelman-Syndrom, Rett-Syndrom, Tuberöse Sklerose und Smith-Magenis-Syndrom. Es wird angenommen, dass ca. 5-15% der Kinder mit Autismus an einem syndromalen Autismus erkrankt sind (Noterdaeme, 2009).

Zu den häufigsten psychiatrischen Komorbiditäten des idiopathischen Autismus gehören: Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom (ADHS), Angststörungen, Ticstörungen und Depression. Vor allem in der Adoleszenz und im jungen Erwachsenenalter können Betroffene mit entsprechenden intellektuellen Fähigkeiten ihre Andersartigkeit erkennen und als Reaktion auf das Bewusstwerden ihrer schweren Beeinträchtigungen depressiv werden. In ca. 40-80% werden außerdem Intelligenzminderungen diagnostiziert (Fombonne, 2003). Komorbide Epilepsie und selbstverletzendes Verhalten sind vor allem bei Patienten mit schwerer Intelligenzminderung zu beobachten (Noterdaeme, 2009) während motorische Störungen wie etwa ein hölzerner Gang vornehmlich bei Personen mit Asperger-Syndrom auftreten (Remschmidt & Kamp-Becker, 2006).

### **3.1.2 Klassifikation**

#### *Klassifikation nach ICD-10 und DSM-IV*

Die autistischen Störungen ordnen sich in den beiden gängigen internationalen Klassifikationssystemen ICD-10 und DSM-IV in die diagnostische Gruppe der *Entwicklungsstörungen* und innerhalb dieser in die Subgruppe der *Tiefgreifenden Entwicklungsstörungen* ein. Entwicklungsstörungen definieren sich über einen frühen Beginn, der ausnahmslos im Kleinkindalter liegt, eine Einschränkung oder Verzögerung in der Entwicklung von Funktionen, die eng mit der biologischen Reifung des zentralen Nervensystems verknüpft sind, und einem stetigen Verlauf ohne Remissionen oder Rezidive. Diese Kriterien gelten für alle Diagnosen in diesem Bereich.

Im Gegensatz zu den umschriebenen Entwicklungsstörungen umfassen die tiefgreifenden Entwicklungsstörungen eine qualitative Beeinträchtigung in mehreren Entwicklungsbereichen. Betroffen sind vor allem soziale Interaktion und Kommunikation. Die qualitative Beeinträchtigung versteht sich dabei als eine deutliche Abweichungen von der eigentlichen Entwicklungsstufe und dem Intelligenzalter der Person. Kennzeichnend für tiefgreifende Entwicklungsstörungen sind außerdem stereotype Verhaltensweisen, Interessen und Aktivitäten. Die tiefgreifenden Entwicklungsstörungen umfassen die Diagnosen Autistische Störung / Frühkindlicher Autismus / Kanner-Syndrom, atypischer Autismus, Asperger-Syndrom, nicht näher bezeichnete tiefgreifende Entwicklungsstörungen, Rett-Syndrom und desintegrative Störungen des Kindesalters. Auch wenn die Symptomatik autismusähnlich ist, wird für das Rett-Syndrom und die desintegrativen Störungen eine vom Autismus abweichende Ätiologie vermutet (Bölte, 2009), so dass diese beiden Störungen im Allgemeinen nicht gemeint sind, wenn von Autismus die Rede ist. Im Folgenden werden die diagnostischen Leitlinien für die autistischen Störungen kurz aufgeführt.

*Autistische Störung / Frühkindlicher Autismus / Kanner-Syndrom* (ICD-10: F84.0; DSM-IV: 299.00). Die Begriffe Autistische Störung, Frühkindlicher Autismus und Kanner-Syndrom werden synonym verwendet. Sie kennzeichnen eine Form des Autismus, die durch die typische Symptomtrias gekennzeichnet ist (siehe 3.1.1): Es liegen die oben beschriebenen qualitative Beeinträchtigungen der sozialen Interaktion und der verbalen und nonverbalen Kommunikation sowie eingeschränkten, sich wiederholenden und stereotypen Verhaltensmuster, Interessen und Aktivitäten vor. Dabei manifestiert sich die Störung vor dem dritten Lebensjahr, d.h. dass es in der Regel keine vorangehende Periode einer eindeutig unauffälligen Entwicklung gab. Unter Berücksichtigung dieser Voraussetzung kann das Syndrom dennoch in allen Altersgruppen diagnostiziert werden.

Die Erscheinung der autismustypischen Symptome verändert sich im Allgemeinen mit zunehmendem Alter, jedoch bleiben im Erwachsenenalter weitgehend ähnliche Probleme in Sozialisation, Kommunikation und Interessen bestehen. Es kann jedes Intelligenzniveau vorkommen, gleichwohl besteht in etwa drei Viertel der Fälle eine deutliche Intelligenzminderung.

*Atypischer Autismus* (ICD-10: F84.1). Beim Atypischen Autismus liegt entweder das Manifestationsalter erst nach Beginn des dritten Lebensjahres oder die diagnostischen Kriterien können nicht in allen drei Bereichen erfüllt werden. Am häufigsten tritt dieser

Fall bei schwersten Intelligenzminderungen ein, wenn das allgemeine Funktionsniveau so niedrig ist, dass es kaum spezifisch abweichendes Verhalten zulässt.

*Asperger-Syndrom* (ICD-10: F84.5, DSM-IV: 299.80). Das Asperger-Syndrom umfasst die typischen qualitativen Beeinträchtigungen in der sozialen Interaktion sowie die eingeschränkten stereotypen Verhaltensmuster und Interessen. Es unterscheidet sich vom Frühkindlichen Autismus im Fehlen sprachlicher Entwicklungsverzögerungen – eine eindeutige Sprachentwicklungsverzögerung schließt die Diagnose sogar aus. Die meisten Patienten weisen eine normale allgemeine Intelligenz auf, sind jedoch üblicherweise motorisch auffallend ungeschickt. Die Auffälligkeiten des Asperger-Syndroms persistieren in Adoleszenz und Erwachsenenalter und oft ist dann die Abgrenzung von Schizophrenie und schizoider Persönlichkeitsstörung schwierig.

*Nicht näher bezeichnete Tiefgreifende Entwicklungsstörungen* (ICD-10: F84.9, DSM-IV: 299.80). Bei dieser Diagnose handelt es sich um eine diagnostische Restkategorie für Störungen, auf die die Allgemeinbeschreibung der tiefgreifenden Entwicklungsstörungen zwar zutrifft, bei denen jedoch ein Mangel an ausreichenden Informationen oder widersprüchliche Befunde dazu führen, dass die Kriterien für andere Autismus-Kodierungen nicht erfüllt werden können.

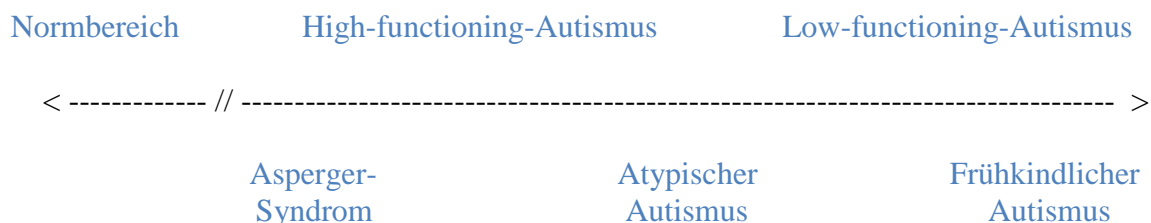
#### *Dimensionaler Ansatz der Klassifikation*

Während ICD-10 und DSM-IV kategoriale Diagnosen von Autismus generieren, wird in Fachkreisen seit einigen Jahren zunehmend eine dimensionale Klassifikation für Autismus diskutiert: *Autismus-Spektrum-Störungen* (ASS). ASS werden als ein Kontinuum von qualitativ ähnlichen, nicht kategorial abgrenzbaren Entitäten verstanden (Bölte, 2009). Nach diesem Ansatz reicht der autistische Phänotyp an einem Ende des Kontinuums bis in den Normbereich. Dies begründet sich damit, dass sich auch in der Allgemeinbevölkerung subklinische Formen autistischen Verhaltens finden, insbesondere bei erstgradigen Verwandten (Bailey, Palferman, Heavey, & LeCouteur, 1998). Im klinischen Bereich des autistischen Spektrums hat sich die Unterscheidung von *High-functioning-Autismus* (HFA) für ASS bei normaler bis überdurchschnittlicher Intelligenz und *Low-functioning-Autismus* (LFA) bei ASS mit Intelligenzminderung durchgesetzt (Abbildung 1).

Die kategorialen Diagnosen der klassischen Klassifikationssysteme lassen sich auf diesem Kontinuum entsprechend ihres Schweregrades zuordnen: der frühkindliche Autismus stünde als schwerste Form am einen Ende des Spektrums und das Asperger-

Syndrom am anderen Ende an der Schwelle zum klinisch nicht relevanten Bereich. Alle Diagnosen des atypischen Autismus wären dazwischen anzuordnen.

Der dimensionale Klassifikationsansatz liefert also eine quantitative Beschreibung der autistischen Störung und versucht somit ihrem enorm heterogenen Erscheinungsbild gerecht zu werden. Die Termini Autismus-Spektrum-Störung, High-functioning-Autismus und Low-functioning-Autismus werden in den beiden klassischen Klassifikationssystemen zwar noch nicht verwendet, gelten aber allgemein als akzeptierte Bezeichnung in Erwartung einer baldigen offiziellen Einführung (Bölte, 2009). In der Praxis kommt es in vielen Studien bereits zu einer Vermischung der Begriffe aus den beiden Klassifikationsansätzen. Häufig werden beispielsweise Probanden mit den Diagnosen HFA und Asperger-Syndrom zusammen untersucht (z.B. bei Jolliffe & Baron-Cohen, 1999; Rutherford, Baron-Cohen, & Wheelwright, 2002). Die Diagnose HFA meint in diesen Fällen die klassische Diagnose des frühkindlichen Autismus und betont gleichzeitig das hohe allgemeine Funktionsniveau der Probanden. Diese Personen konnten die Diagnose Asperger-Syndrom wegen der Auffälligkeiten ihrer Sprachentwicklung allerdings nicht erhalten.



*Abbildung 1.* Der Dimensionale Ansatz zur Klassifikation autistischer Störungen unterscheidet auf einem Kontinuum, an dessen einem Ende der Normbereich beginnt, die Bereiche High-functioning-Autismus und Low-functioning-Autismus (oberhalb der Kontinuumslinie). Die Diagnosen der klassischen Klassifikationssysteme lassen sich entsprechend der Schwere der Symptomatik auf diesem Kontinuum anordnen mit dem Asperger-Syndrom an der Grenze zum Normbereich und dem frühkindlichen Autismus am anderen Ende (unterhalb der Kontinuumslinie).

### 3.1.3 Prävalenz und Ätiologie

#### *Prävalenz*

Die Angaben zur Prävalenz autistischer Störungen variieren in Abhängigkeit von Ausgangsstichproben, verwendeten Diagnoseinstrumenten und diagnostischen Kriterien sehr stark. Das DSM-IV von 1996 gibt für autistische Störungen eine Prävalenzschätzung von 2-5 Fällen unter 10 000 Personen an. In einer Zusammenstellung verschiedener Prävalenzstudien bei Bölte (2009) ergibt sich aus Arbeiten bis zum Jahr 2000 eine

Häufigkeit von 0.01 – 0.07 %, nach 2000 legen die Ergebnisse einen Anstieg der Häufigkeit von Autismus auf ca. 0.3% und für ASS sogar auf 0.9% nahe. Die Studienübersicht verzeichnet einen nicht-kontinuierlichen Trend zu höheren Prävalenzangaben über die Jahrzehnte.

Dass Jungen häufiger als Mädchen betroffen sind, zeigte sich in allen Studien. Im Durchschnitt lag dieses Verhältnis bei 4:1 (Jungen : Mädchen). Das Geschlechterverhältnis hängt dabei offensichtlich mit dem Intelligenzniveau zusammen: bei komorbider geistiger Behinderung lagen die Angaben bei 2:1 und im normalen Intelligenzbereich bei 6:1. Dies entspricht Angaben aus der ICD-10, wonach Mädchen mit einer autistischen Störung im Allgemeinen eine stärkere geistige Behinderung aufweisen. Die Diagnostischen Leitlinien schätzen die Prävalenz der Jungen beim Frühkindlichen Autismus als drei- bis viermal höher ein als die der Mädchen, während das Geschlechterverhältnis beim Asperger-Syndrom mit 8:1 angegeben wird.

Es wird geschätzt, dass der Frühkindliche Autismus ca. viermal häufiger vorkommt als das Asperger-Syndrom (Fombonne, 2001).

### *Ätiologie*

*Genetik.* Im Bezug auf die Entstehung autistischer Störungen deuten Familien- und Zwillingsstudien auf einen sehr hohen Anteil genetischer Einflüsse hin: die Konkordanzrate für monozygote Zwillinge wird mit 82-91% angegeben (Folstein & Rutter, 1977; LeCouteur, et al., 1996; Steffenburg, et al., 1989). In Familienstudien fanden sich auch bei anderen Verwandten ersten Grades subklinische autistische Verhaltensweisen in sozialen, kognitiven und verbalen Bereichen (Bolte, Knecht, & Poustka, 2007; Bolte & Poustka, 2006).

Während beim syndromalen Autismus der ursächliche monogenetische Defekt bekannt ist, sind die genetischen Bedingungen für den idiopathischen Autismus noch weitgehend unbekannt. Angenommen wird ein komplexes multifaktorielles Vererbungsmodell mit einer unbekannten Anzahl von interagierenden Genen. Jedes davon trägt zur Krankheit bei, aber erst wenn mit einer bestimmten Anzahl von betroffenen Genen ein Schwellenwert überschritten wird, führt dies zur vollen Ausprägung des Phänotyps (Klauck, 2009). Bis heute können noch keine sicheren Aussagen über die Kandidatengene getroffen werden.

Ungeachtet der Frage, welche Gene bzw. Genloci verantwortlich sind, wird angenommen, dass die genetischen Mutationen in biologische Stoffwechselwege

eingreifen, welche für die Ausbildung wichtiger Gehirnstrukturen verantwortlich sind. Tatsächlich lassen sich bei Personen mit autistischen Störungen eine ganze Reihe von neuroanatomischen Besonderheiten nachweisen wie Veränderungen in neuroanatomischen Strukturen, Aktivierungsmustern und neuronaler Konnektivität (siehe auch 3.1.5).

Zur Veranschaulichung, wie genetische Faktoren neuronale Strukturen beeinflussen und somit autistische Symptome hervorrufen, sei hier die Vergrößerung des Gesamthirnvolumens genannt, die sich vor allem bei Kleinkindern mit ASS findet (Stanfield, et al., 2008). Courchesne et al. (2007) argumentieren, dass das frühe übermäßige Wachstum des Gehirns zu Defiziten in neuronalen Verknüpfungen führen könnte, derart dass übermäßige lokale kortikale Interaktionen entstehen, die langdistalen Verbindungen zwischen Hirnregionen jedoch behindert werden. Da die langen Verbindungen für sozio-emotionale und kommunikative Funktionen verantwortlich sind, könnten diese neuronalen Eigentümlichkeiten einen Teil der autistischen Symptome erklären.

Neben neuroanatomischen Besonderheiten finden sich auch Hinweise darauf, dass Neurotransmittersysteme (z.B. Serotonin, Dopamin, GABA) betroffen sein könnten (z.B. Anderson, et al., 2002; Mercadante, et al., 2008), die alleine jedoch nicht für die Symptomatik verantwortlich zeichnen können.

*Umweltfaktoren.* Als mögliche Umweltfaktoren, die das Risiko für Autismus erhöhen oder sogar die Störung verursachen könnten, wurden lange Zeit Impfungen im Kleinkindalter, wie die gegen Masern und Masern-Mumps-Röteln diskutiert. Diese Annahme konnte jedoch inzwischen eindeutig widerlegt werden (z.B. B. Taylor, et al., 2002). Gleiches gilt für die psychoanalytisch geprägte Annahme Bruno Bettelheims aus den 1960er Jahren, die Störung finde ihre Ursache in Erziehungsfehlern seitens der Mutter während der ersten Lebensjahre („Kühlschränkmütter“).

Weitere immunologische, infektiöse und toxikologische Aspekte werden als Risikofaktoren diskutiert, bisher jedoch ohne konkrete Hinweise auf einen Zusammenhang.

### **3.1.4 Kognitive Erklärungsansätze des Autismus**

Bis heute konnten die Ursachen für das Auftreten autistischer Störungen nicht geklärt werden. Die vielen Forschungsergebnisse in diesem Bereich legen jedoch die Beteiligung verschiedener Faktoren an der Ätiologie und Pathogenese autistischer Störungen nahe. Neben den zahlreichen Befunden zu genetischen und umweltbedingten Einflüssen, fassten

verschiedene Arbeitsgruppen ihre Studienergebnisse auch in kognitiven Erklärungsansätzen zusammen. Durchgesetzt haben sich dabei vor allem drei Erklärungsansätze: *Defizite in der Theory of Mind*, *Schwache zentrale Kohärenz* und *Defizite in exekutiven Funktionen*. Sie sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

#### **3.1.4.1 Defizite in der Theory of Mind**

Unter der Theory of Mind (ToM) wird die Fähigkeit verstanden, sich selbst und anderen mentale Zustände wie Emotionen, Gedanken oder Absichten zuschreiben zu können. Es handelt sich also um ein Rückschlusssystem. Die Bezeichnung als „Theorie“ ergibt sich daraus, dass die Zustände, um die es geht, nicht direkt beobachtbar sind und dass das System dazu benutzt werden kann, Vorhersagen über das Verhalten anderer zu machen (Premack & Woodruff, 1978). Begriffe wie Mentalisieren, Perspektivenübernahme und Empathie werden oft synonym verwendet.

Für Personen mit autistischen Störungen wird angenommen, dass sie die ToM nicht in vollem Maße beherrschten (z.B. Baron-Cohen & Wheelwright, 2004). Im Alltag zeigt sich dies beispielsweise in Schwierigkeiten, Geheimnisse für sich zu behalten oder zu lügen, bei jüngeren Kindern auch im eingeschränkten Gebrauch von geteilter Aufmerksamkeit (Kasari, Sigman, Mundy, & Yirmiya, 1990) und dem Fehlen von So-tun-als-ob-Spiel (Baron-Cohen, Leslie, & Frith, 1985). Auch im experimentellen Bereich finden sich immer wieder Hinweise auf ein autistisches Unvermögen zur ToM. Sigman, Kasari, Kwon und Yirmiya (1992) untersuchten in einer Reihe von Live-Situationen Aufmerksamkeit, Gesichtsausdruck und Verhalten von autistischen, retardierten und gesunden Kindern. Der Versuchsleiter spielte in Gegenwart des Kindes verschiedene Szenarien durch, in denen es für ihn zu Leiden, Angst oder Schmerzen kam. Während die gesunden und retardierten Kinder sehr aufmerksam auf die demonstrierten Emotionen reagierten, wurden sie von den autistischen Kindern ignoriert oder nicht wahrgenommen. In den Momenten, in denen die Emotionen deutlich wurden, blickten die autistischen Kinder weniger auf die Gesichter der Versuchsleiter und wendeten sich mehr dem verfügbaren Spielzeug zu als die übrigen Kinder.

In einer Untersuchung von Mitchell und O’Keefe (2008) sollten Kinder mit und ohne ASS in verschiedenen Bereichen einschätzen, wie gut sie sich selbst kennen (self-knowledge), und wie gut eine andere ihnen vertraute Person diese Dinge über sie wusste. Die autistischen Kinder ordneten der anderen Person und sich selbst dieselbe Menge an Wissen über sich zu, während die gesunden Kinder relativ mehr Wissen sich selbst

zuordneten. Die autistischen Kinder erkannten also nicht, dass sie einen Erste-Person privilegierten Zugang zu ihren inneren Zuständen haben. Darüber hinaus zeigten autistische Kinder auch Schwierigkeiten, ihre eigenen Emotionen richtig zu benennen und hatten insgesamt weniger entwickelte Konzepte über Emotionen (Rieffe, Terwogt, & Kotronopoulou, 2007).

Zur Überprüfung der Fähigkeit zur ToM werden klassischerweise folgende Aufgaben gewählt: die *Sally-Ann-Aufgabe*, der *Strange-Stories Test* oder der *Reading the Mind in the Eyes Test*. Bei der Sally-Ann-Aufgabe handelt es sich um ein Puppenspiel mit festgelegtem Szenario (Wimmer & Perner, 1983). Dabei führt die eine Puppe in An- und Abwesenheit der anderen Puppe bestimmte Handlungen durch. Die beobachtenden Kinder sollen im Anschluss an das Spiel beurteilen, welche Puppe welches Wissen über die verschiedenen Vorgänge auf der Bühne hat. In einer Untersuchung von Baron-Cohen, Leslie und Frith (1985) schafften es im Gegensatz zu gesunden Kontrollkindern und Kindern mit Down-Syndrom, 80% der autistischen Kinder nicht, den Puppen die richtigen Annahmen zuzuschreiben.

In Studien zur ToM zweiter Ordnung („Ich denke, er denkt, dass ich ... denke.“) konnte keines der autistischen Kinder die Aufgabe lösen, aber 90% der gesunden und 60% der Kinder mit Down-Syndrom (Baron-Cohen, 1989). Unter Erwachsenen mit Asperger-Syndrom schafften 73% die Aufgabe (Bowler, 1992). Es fand sich eine Verbindung zum verbalen Niveau der autistischen Probanden (Happé, 1995): ab dem Erreichen eines verbalen Alters von 12 Jahren, konnten alle autistischen Probanden die Aufgabe lösen. Gesunde Kinder konnten die Aufgabe bereits im Alter von 4 Jahren lösen (Wellman, Cross, & Watson, 2001), was für eine Entwicklungsverzögerung der ToM bei Personen mit Autismus spricht.

Autistischen Menschen mit hohem Funktionsniveau bereitet die Sally-Anne-Aufgabe meistens keine Schwierigkeiten, entsprechend kann diese Transferaufgabe wenig über die ToM-Fähigkeiten bei autistischen Menschen mit höherem Funktionsniveau sagen. Dafür wurden der Strange-Stories Test und die Reading the Mind in the Eyes Test entwickelt.

Beim Strange-Stories Test (Happé, 1994) werden nach der Darbietung einer kurzen Filmsequenz Fragen zu den mentalen Zuständen der gezeigten Personen gestellt (1. Ist es wahr, was Emma sagt? 2. Warum sagt Emma das?). Erwachsene mit Asperger-Syndrom und HFA schafften es nicht, kontext-entsprechende Begriffe für die mentalen Zustände zu geben (Jolliffe & Baron-Cohen, 1999). Der Strange-Stories Test lässt also auch bei Personen mit hohem Funktionsbereich Defizite in der ToM erkennen.



Der Reading the Mind in the Eyes Test (Baron-Cohen, Wheelwright, Hill, Raste, & Plumb, 2001) stellt fotografische Ausschnitte von Augenpartien zur Verfügung. Diesen Bildern soll aus einer Auswahl von vier Adjektiven zu mentalen Zuständen die richtige Beschreibung zugeordnet werden. Erwachsene mit Asperger-Syndrom und HFA zeigten auch in diesem Test schlechtere Leistung als nicht-autistische Erwachsene. Dieselben autistischen Personen zeigten aber keine Verschlechterungen, wenn Basisemotionen in Abbildungen ganzer Gesichter erkannt werden sollten, d.h. sie hatten kein grundsätzliches Defizit im Verständnis der Basisemotionen (Baron-Cohen, Jolliffe, Mortimore, & Robertson, 1997). Das gleiche Versuchsdesign wurde später mit auditiven Stimuli durchgeführt (Reading the Mind in the Voice Test). Wieder konnten Erwachsene mit Asperger-Syndrom und HFA den richtigen mentalen Zustand dem gehörten Dialog schlechter zuordnen als die Kontrollpersonen (Rutherford, et al., 2002).

Die verschiedenen Aufgaben zur Erfassung der ToM decken also für Kinder und Erwachsene mit ASS immer wieder Defizite und Verschlechterung dieser Fähigkeit auf. Dennoch bleibt zu betonen, dass sich unter den autistischen Probanden auch immer welche fanden, die die Aufgaben richtig lösen konnten (Baron-Cohen, et al., 1985; Bowler, 1992) und dass sie in den weiterentwickelten Tests zwar schlechter waren, aber nicht gänzlich durchfielen (Baron-Cohen, et al., 1997; Happé, 1994).

Es steht zu bedenken, ob Personen mit ASS zum Lösen der Aufgaben andere kognitive Strategien anwenden, die zwar etwas weniger effizient sind als das Mentalisieren, aber dennoch teilweise zu richtigen Lösung führen (Frith, 1994). Eine Herangehensweise wie bei logischen Problemlöse-Aufgaben würde zudem den positiven Zusammenhang zwischen dem Intelligenzniveau und dem Leistungsniveau erklären, wie ihn zum Beispiel Happé (1995) dokumentiert hatte. Die Bewahrheitung dieses Erklärungsansatzes wäre bedeutend für die Verbesserung von Interventionsmaßnahmen: wenn mentale Zustände anderer Personen durch regelbasierte Algorithmen festgelegt werden könnten, könnten diese Regeln von autistischen Menschen erlernt werden.

Die Ergebnisse können jedoch ebenso bedeuten, dass auch autistische Kinder und Erwachsene ein bestimmtes Maß an ToM-Fähigkeiten entwickeln bzw. dass Defizite in der ToM nicht universell bei allen autistischen Patienten vorkommen. Entsprechend würde sich Autismus nicht einzig und allein durch ein Defizit in der ToM erklären, sondern es müsste vielmehr angenommen werden, dass dieses nur einen Teil der kognitiven Symptome aber nicht alle kognitiven Facetten der Störung erklärt.

Schließlich ist festzuhalten, dass Defizite in der ToM nicht autismusspezifisch sind. Denn obwohl das Konzept der ToM von großer Aussagekraft für das Phänomen Autismus ist, finden sich ToM-Beeinträchtigungen auch bei Aufmerksamkeitsstörungen (Sodian, Hulsken, & Thoermer, 2003), Schizophrenie (Sarfati & Hardy-Bayle, 1999) und umschriebenen Hirnläsionen (Shamay-Tsoory, Tomer, Berger, Goldsher, & Aharon-Peretz, 2005).

#### **3.1.4.2 Schwache zentrale Kohärenz**

Der Terminus der zentralen Kohärenz bezeichnet eine wahrscheinlich angeborene, natürliche Präferenz für Ganzheit und übergeordnete Wahrnehmungseinheiten. Es ist ein domänenübergreifender Prozess, gilt also für alle sensorischen Qualitäten. Allerdings besteht noch keine eindeutige Definition oder Interpretation des Konzepts. Die unterschiedlichen Konzepte von Zentraler Kohärenz umfassen: visuo-räumliche Kohärenz, Generalisierung, Hierarchisierung und verbal-semantische Kohärenz (Dziobek & Bölte, 2009).

In verschiedenen Studien wurde offenbar, dass Personen mit autistischen Störungen Defiziten in diesem System unterliegen. Dies veranlasste Frith (1989) zur Einführung des Begriffs der *schwachen zentralen Kohärenz* im Sinne eines Defizits kontextorientierter, globaler Wahrnehmung und Informationsverarbeitung.

Dieses Defizit erleichtert Personen mit ASS Aufgaben, in denen es zur effektiven Lösung von Vorteil ist, ein Muster in seine einzelnen Bestandteile zu zerlegen, wie dem Embedded Figure Test oder dem Mosaik-Test. Im Embedded Figure Test sollen kleinere geometrische Formen in einer größeren Figur entdeckt werden und im Mosaik-Test muss ein Muster anhand seiner Einzelteile nachgebaut werden.

Eine schwache zentrale Kohärenz macht Personen mit ASS auch weniger anfällig für optische Täuschungen (Happé, 1996). Scherf, Luna, Kimchi, Minshew und Behrmann (2008) untersuchten die Entwicklung von Gruppierungsfähigkeiten bei Kindern und Erwachsenen mit HFA zwischen 8 und 30 Jahren. Sie verwendeten dafür verschiedenen hierarchischen Stimuli, also Muster, deren globales Erscheinungsbild aus kleineren Elementen gebildet wurde, zum Beispiel der Buchstabe „H“ gebildet aus lauter kleinen Buchstaben „S“. Die autistischen Probanden entwickelten mit zunehmendem Alter keinen Zuwachs an Sensitivität für die globale Information und waren in allen Altersgruppen schneller als die Personen der Kontrollgruppe, wenn es um die Wahrnehmung der lokalen Information ging.

Die meisten Arbeiten zur schwachen zentralen Kohärenz bei Menschen mit ASS betreffen den visuell-räumlichen Bereich (Übersicht: Dakin & Frith, 2005). In einer Übersichtsarbeit zeigten Happé und Frith (2006), dass das Defizit aber auch in Sprach-, Bewegungs-, Gesichter- und Musikverarbeitung zu beobachten ist. Nach der Sichtung von über 50 Studien zu dieser Fragestellung hielten die Autorinnen fest, dass ein lokaler Bias robust zu beobachten ist, Ergebnisse zu einer schwächeren globalen Verarbeitung jedoch unterschiedlich ausfielen.

Es gab also unter den zusammengefassten Studien auch einige, die zeigten, dass Personen mit ASS ebenfalls in der Lage sind, Stimuli ganzheitlich zu verarbeiten, zum Beispiel wenn sie dazu explizit aufgefordert werden (z.B. Iarocci, Burack, Shore, Mottron, & Enns, 2006; Lopez & Leekam, 2003; Plaisted, 2001). Bei einer Untersuchung zu optischen Täuschungen unterlagen Probanden mit ASS der Täuschung, wenn die Frage lautete „Welche Linie sieht länger aus?“ aber nicht, wenn die Frage als „Welche Linie ist länger?“ formuliert wurde (Brosnan, Scott, Fox, & Pye, 2004).

Diese Befunde deuten an, dass es sich bei dem Phänomen der schwachen zentralen Kohärenz eventuell weniger um eine Dysfunktion globaler Verarbeitung als eine natürliche Präferenz für Details handeln könnte. Entsprechend wird inzwischen eher von einer Neigung zu lokal orientierter Informationsverarbeitung gesprochen, wobei globale Prozesse als vermutlich intakt aber vernachlässigt einzuschätzen sind. Die schwache zentrale Kohärenz bei Personen mit autistischen Störungen ist also als kognitiver Stil anzusehen und wird als eine von mehreren Erklärungen für autistische Symptome gewertet (Happé & Frith, 2006).

### **3.1.4.3 Defizite in exekutiven Funktionen**

Die Exekutivfunktionen bilden ein multidimensionales, uneinheitlich definiertes Konstrukt. Sie umschließen in erster Linie Funktionen wie kognitive Flexibilität, Reaktions- und Antworthemmung, Arbeitsgedächtnis, Problemlösen und Planen, zeitliche Organisation und Interferenzanfälligkeit (Dziobek & Bölte, 2009).

Die autismustypischen begrenzten und stereotypen Interessen und Verhaltensweisen scheinen mit Problemen in zielgerichtetem Verhalten und der Problemlösefähigkeit assoziiert zu sein (Ozonoff, Pennington, & Rogers, 1991; Übersicht: Russo, et al., 2007): Personen mit ASS zeigten Schwierigkeiten bei Aufgaben zum vorausschauenden Planen und Problemlösen, wie dem Tower of London (Bennetto, Pennington, & Rogers, 1996) und kognitiver Flexibilität, wie dem Winsconsin Card Sorting Test (Lopez, Lincoln,

Ozonoff, & Lai, 2005; Ozonoff, et al., 2004; Rumsey, 1985) . Gleichzeitig zeigen sich Probleme in der Fähigkeit, neue Ideen zu generieren (z.B. Kleinmans, Akshoomoff, & Delis, 2005; F. Scott & Baron-Cohen, 1996). Keine Auffälligkeiten finden sich hingegen in Reaktionshemmung (Ozonoff & Strayer, 1997; Russell, Jarrold, & Hood, 1999) und im Arbeitsgedächtnis (Griffith, Pennington, Wehner, & Rogers, 1999; Minshew & Goldstein, 2001).

Defizite in exekutiven Funktionen sind jedoch nicht autismusspezifisch. Sie finden sich auch bei anderen psychiatrischen Störungen, wie der Hyperkinetischen Störung, bei Zwangsstörungen, Tourette-Syndrom und Schizophrenie.

Da nur bestimmte exekutive Funktionen bei Personen mit ASS betroffen zu sein scheinen, vermuten Rajendran und Mitchell (2007), dass sich Autismus eventuell durch ein bestimmtes Profil in Exekutiven Fähigkeiten auszeichnet. Ein Versuch, Kinder mit ADHS, Schreibschwächen und Asperger-Syndrom anhand ihrer Profile in exekutiven Funktionen zu unterscheiden scheiterte jedoch (Nyden, Gillberg, Hjelmquist, & Heiman, 1999). Eine große Schwierigkeit in diesem Ansatz liegt darin, dass viele Tests zu exekutiven Funktionen mehrere dieser Funktionen gemischt erfassen.

Insgesamt schafft es die Hypothese defizitärer exekutiver Funktionen, einige der nicht-sozialen Symptome von Autismus wie beispielsweise das rigide Festhalten an Ritualen und Handlungsabläufen oder das eingeschränkte Fokussieren auf einen engen Interessenbereich aufzuklären.

#### **3.1.4.4 Multiple Defizite–Ansatz**

Bei isolierter Betrachtung der drei kognitiven Theorien zu Autismus zeigt sich schnell, dass sich die Störung nicht allein durch einen einzelnen Ansatz erklären lässt. Die autistischen Symptome sind so vielfältig, dass es sinnvoll erscheint, von verschiedenen kognitiven Störungen auszugehen. Es ist denkbar, dass Personen mit ASS in den drei - vermutlich voneinander unabhängigen - Bereichen unterschiedlich betroffen sein können (Baron-Cohen & Swettenham, 1997; Pellicano, Maybery, Durkin, & Maley, 2006). Dieser Ansatz würde Autismus demnach als einen Komplex aus Defiziten in der Fähigkeit zur ToM, zur zentralen Kohärenz und in den exekutiven Funktionen beschreiben und könnte nicht nur die autismusspezifischen Symptome umfassend begründen, sondern auch die große Heterogenität in der Symptomatik erklären.

### 3.1.5 Neuronaler Erklärungsansatz des Autismus

Neben den kognitiven Erklärungsansätzen zum Autismus konnte mit Hilfe moderner bildgebender Verfahren wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) in den letzten Jahren auch auf neuronaler Ebene nach Erklärungen für autistischem Symptome gesucht werden. Dabei konnten insbesondere für neuronale Strukturen und Netzwerke, die an der Verarbeitung sozialer Informationen beteiligt sind, abweichende Aktivierungsmuster festgestellt werden (z.B. Castelli, Frith, Happe, & Frith, 2002; Domes, Kumbier, Herpertz-Dahlmann, & Herpertz, 2008; Kennedy & Courchesne, 2008; Nieminen-von Wendt, et al., 2003).

Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Verarbeitung sozialer Stimuli durch ein Netzwerk von frontalen, limbischen und temporalen Strukturen vermittelt wird (für eine Übersicht: Adolphs, 2003). Zu diesen zählen unter anderem die Amygdala, Teile des orbitofrontalen und des medial präfrontalen Kortex, der Gyrus fusiformis sowie der Sulcus temporalis superior. Die einzelnen Strukturen sind dabei in die verschiedenen Verarbeitungsprozesse unterschiedlich stark involviert. So gilt der Gyrus fusiformis - speziell der rechten Hemisphäre - als neuronales Korrelat der Gesichtsverarbeitung, da er mehr Aktivierung beim Betrachten von Gesichtern als von anderen alltäglichen Objekten zeigt (z.B. Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997; McCarthy, Puce, Gore, & Allison, 1997; Puce, Allison, Gore, & McCarthy, 1995). Die Amygdala spielt hingegen eine Schlüsselrolle in der Emotionsverarbeitung (z.B. Herba & Phillips, 2004; Whalen, et al., 1998). Sie zeigt sich dabei vielseitig und an verschiedenen Prozessen beteiligt. Eine verstärkte Amygdala-Aktivierung findet sich beispielsweise in Reaktion auf Bilder von Gegenständen oder Situationen, die Angst und Ekel transportieren (z.B. Stark, et al., 2007), aber auch beim Betrachten von Gesichtern, die einen emotionalen Ausdruck zeigen (z.B. Adolphs, Sears, & Piven, 2001; Gamer & Buchel, 2009; Whalen, et al., 1998). Vuadens (2005) konnte in einer Übersichtsarbeit herausstellen, dass die Amygdala darüber hinaus auch an der Entwicklung der Fähigkeit zur ToM beteiligt ist. Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver und Dolan (2004) argumentieren, dass die funktional zentrale Rolle der Amygdala in der Emotionsverarbeitung mit ihrer anatomisch zentralen Positionierung zusammenhängt. Diese ermöglicht ihr die Modulation und Interpretation emotionaler Informationen, die in den sensorischen Kortex-Arealen verarbeitet werden, sowie die Integration von Emotion und Kognition für die Entscheidungsfindung in frontalen Kortex-Arealen.

Bei autistischen Probanden wurde für den Gyrus fusiformis wiederholt eine ungewöhnlich schwache oder sogar keine Aktivierung bei der Verarbeitung von Gesichtern dokumentiert (z.B. Aylward, et al., 2005; Pierce, Muller, Ambrose, Allen, & Courchesne, 2001; Schultz, et al., 2000). Diese ging im Allgemeinen mit weiteren abweichenden Aktivierungsmustern einher. Schultz et al. (2000) beobachteten an einer Gruppe von Jugendlichen mit Asperger-Syndrom und HFA beim Betrachten von Gesichtern eine Aktivierungsverschiebung: im Vergleich zu den gesunden Personen der Kontrollgruppe zeigten die autistischen Probanden für Gesichter eine geringere Aktivierung des Gyrus fusiformis bei einer stärkeren Aktivierung des rechten inferioren temporalen Gyrus. Eine solche verstärkte Aktivierung des inferioren temporalen Gyrus war in der Kontrollgruppe hingegen mit der Verarbeitung von Objekten assoziiert. Mit anderen Worten evozierten Gesichter bei den autistischen Probanden eher ein neuronales Muster von Objektverarbeitung statt das typische Muster der Gesichterverarbeitung. Auch Hubel et al. (2003) dokumentierten eine kompensatorische Aktivierung von benachbarten Arealen, die eigentlich selektiv auf Objekte ansprechen. Pierce, Muller, Ambrose, Allen und Courchesne (2001) konnten bei Erwachsenen mit ASS ebenfalls in keinem der normalerweise für die Gesichterverarbeitung genutzten Areale eine signifikante Aktivität ermitteln, sondern fanden für jeden der Probanden sehr individuelle abweichende Aktivierungsmuster. Dieser Befund veranlasste die Autoren zu der Aussage, Gesichterverarbeitung vollziehe sich bei Personen mit Autismus außerhalb des Gyrus fusiformis.

Die Arbeitsgruppe um Bölte (Bölte, Hubl, et al., 2006; Bölte & Poustka, 2003) stellte fest, dass auch eine gezielte Animation des Gyrus fusiformis – zumindest im mittleren Erwachsenenalter – kaum möglich ist. In ihrer Studie durchliefen Probanden mit HFA ein Training zur Erkennung von Gesichtsausdrücken. Die Leistung in dieser Aufgabe verbesserte sich zwar, die Aktivierung im Gyrus fusiformis unterschied sich jedoch vor und nach dem Training nicht. Im Gegensatz dazu beobachteten Dalton et al. (2005), dass bei autistischen Probanden die Aktivierung im Gyrus fusiformis und der Amygdala positiv mit der Zeit, in der die Augenregion von Stimulusgesichtern betrachtet wurde, korreliert war. Es entstand die Vermutung, dass die verminderte Aktivierung des Gyrus fusiformis von der autistismustypischen Vermeidung von Blickkontakt herrührt. Hadjikhani et al. (2004) bestätigten eine Aktivierung im Gyrus fusiformis, wenn die Aufmerksamkeit beim Betrachten von Gesichtern mit Hilfe eines Fixationskreuzes auf die zentralen Merkmale des Gesichts gelenkt wurde.

Neben dem Gyrus fusiformis zeigt bei Personen mit ASS auch das neuronale Korrelat der Emotionsverarbeitung Abweichungen in der Aktivierung. Viele fMRT-Studien stellten bei autistischen Kindern und Erwachsenen eine verringerte oder keine Aktivierung der Amygdala in Reaktion auf Gesichter mit einem emotionalen Gesichtsausdruck, aber auch auf Gesichter mit neutralem Ausdruck fest (z.B. Baron-Cohen, et al., 1999; Critchley, et al., 2000; Ogai, et al., 2003; Pierce, Haist, Sedaghat, & Courchesne, 2004; Pierce, et al., 2001). Pierce et al. (2001) verzeichneten dabei sogar ein reduziertes Volumen der Amygdala.

Die sehr einheitlich beobachtete verminderte Amygdalafunktion wird allgemein als eine der Ursachen für das autistmustypische reduzierte Interesse an sozialen Reizen wie dem menschlichen Gesicht angenommen (Baron-Cohen, et al., 2000; Dalton, et al., 2005; Sasson, 2006). Tatsächlich resultierten vollständige Amygdalaläsionen auch bei nicht-autistischen Personen in einer deutlichen Reduktion von Blickkontakt in Konversation mit anderen Personen (Spezio, Huang, Castelli, & Adolphs, 2007).

Weitere Abweichungen in der neuronalen Aktivierung wurden für den Sulcus temporalis superior beobachtet. Dieser ist an der Interpretation dynamischer sozialer Signale wie zum Beispiel der Blickrichtung, Gestik oder Gesichtsausdrücken beteiligt (Adolphs, 2003; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000). Auch für diese Struktur zeigten Personen mit ASS eine geringer Aktivierung beim Betrachten von Gesichter mit neutralem oder emotionalen Ausdruck als Personen ohne ASS (Boddaert, et al., 2004; Hadjikhani, Joseph, Snyder, & Tager-Flusberg, 2007; Pelphrey, Morris, McCarthy, & LaBar, 2007).

Wie bereits erwähnt, betraf die beobachtete veränderte neuronale Aktivierung nicht nur einzelne neuronale Strukturen, sondern im Allgemeinen mehrere Bereiche des sozialen Netzwerks (Castelli, et al., 2002; Domes, et al., 2008; Kennedy & Courchesne, 2008; Nieminen-von Wendt, et al., 2003; Schultz, et al., 2000). Dies zeigte sich unter anderem bei Erwachsenen mit ASS beim Betrachten von Gesichtern in Form einer verringerten Aktivierung der rechten Amygdala, dem inferioren Frontalkortex und dem Sulcus temporalis superior (Hadjikhani, et al., 2007). Eine reduzierte Aktivierung im medialen präfrontalen Kortex und im superioren temporalen Kortex konnte auch bei Kindern mit ASS während der Wahrnehmung von ironischen Szenarien beobachtet werden (Wang, Lee, Sigman, & Dapretto, 2007). Dabei war auffällig, dass die Aktivierung des medialen präfrontalen Kortex negativ zur Stärke der Symptome korreliert war: Kinder mit einer stärkeren autistischen Symptomausprägung zeigten hier weniger Aktivierung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich bei Personen mit ASS insbesondere bei der Verarbeitung sozialer Informationen tiefreichende Abweichungen in neuronalen Aktivierungsmustern finden lassen. So zeigen Personen mit ASS eine geringere Aktivierung in neuronalen Strukturen, die mit der Verarbeitung von Gesichtern sowie einfachen und komplexen emotionalen Informationen zusammenhängen. Gleichzeitig finden sich Hinweise auf eine veränderte funktionale Organisation des neuronalen Netzwerkes, welches für die Verarbeitung von sozialen Stimuli verantwortlich ist. Diese neuronalen Befunde können vor allem einen Teil der sozialen Symptome von ASS erklären, wie beispielsweise Schwierigkeiten in der ToM oder der Verarbeitung von Gesichtern und ihren emotionalen Ausdrücken.



### **3.2 Frühe und späte Gesichterverarbeitung: normale Entwicklung und autismspezifische Abweichungen**

Bei der Verarbeitung von visuellen Stimuli wie Gesichtern und anderen Objekten können verschiedene zeitliche Stufen unterschieden werden. Der Zeitverlauf der Reizweiterleitung lässt sich dabei am besten auf neuronaler Ebene nachvollziehen.

Die visuelle Information wird im Auge auf der Retina abgebildet und von dort über die Sehbahn zum primären visuellen Kortex (V1) weitergeleitet. Im erwachsenen Gehirn benötigt dieser Schritt ca. 50 - 80 ms. Von V1 werden die Informationen in verschiedene Kortexareale projiziert. Über den dorsalen Pfad werden Informationen von V1 in den parietalen Kortex weitergeleitet. Dieser erhält zusätzliche Informationen aus auditorischen und somatosensorischen Zentren des Gehirns und ist spezialisiert auf die räumliche Lokalisation des Stimulus. Gleichzeitig werden die visuellen Informationen über den ventralen Pfad an Neuronenpopulationen im temporalen Kortex weitergeleitet, welche auf Objekterkennung spezialisiert sind. Das bedeutet, die Neuronen sprechen mit unterschiedlichen neuronalen Aktivierungsmustern auf verschiedene Objektkategorien an (Gegenfurtner, 2006) und unterscheiden sie somit. Diese Verarbeitungsstufe wird als strukturelle Enkodierung des Stimulus verstanden und lässt sich bei Erwachsenen nach ca. 150 ms beobachten (Bentin, et al., 1996; Thorpe, Fize, & Marlot, 1996). An die strukturelle Enkodierung schließt sich unter Beteiligung weiterer neuronaler Netzwerke eine komplexe Weiterverarbeitung des visuellen Stimulus an, die unter anderem seine individuelle Identifizierung und die Zuordnung semantischer Informationen miteinschließt. Erste willentliche motorische Reaktionen auf visuelle Stimuli lassen sich bei Erwachsenen nach ca. 300 ms verzeichnen (Thorpe, et al., 1996). Für den visuellen Verarbeitungsprozess gilt also grundsätzlich, je weiter die Reizverarbeitung fortgeschritten ist, desto mehr neuronale Netzwerke und kognitive Prozesse sind daran beteiligt.

Auf Basis dieses zeitlichen Verlaufs und der Art der neuronalen Prozesse lässt sich eine Einteilung in frühe und späte Stufen vornehmen. Als frühe Stufen der visuellen Verarbeitung werden im Allgemeinen Reaktionen bezeichnet, die zeitnah (ungefähr innerhalb der ersten 200 ms) nach dem Auftreten des Stimulus zu beobachten sind. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass sie automatisch und unbewusst sind und kaum durch andere kognitive Prozesse beeinflusst werden. Im Gegensatz dazu werden die späteren Stufen der Verarbeitung durch andere kognitive Prozesse moduliert.

In der visuellen Wahrnehmung nimmt der Stimulus „Gesicht“ eine besondere Rolle ein. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass wir für die Verarbeitung von Gesichtern spezialisierte und besonders effektive Mechanismen entwickeln, welche sich sowohl auf späten als auch auf frühen Stufen der Verarbeitung zeigen. Als ungewöhnliche Ausnahme gilt, dass Personen mit Autismus im Rahmen ihrer sozialen Interaktionsschwierigkeiten deutliche Einschränkungen in der Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu Personen ohne Autismus zeigen.

Im Folgenden werden einzelne Aspekte, die die Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems auf frühen und späten Verarbeitungsstufen ausmachen, beschrieben. Der aktuelle Forschungsstand zu autismusspezifischen Abweichungen wird dabei jeweils im Anschluss erläutert.

Für die frühen Verarbeitungsstufen wird auf die besondere Aufmerksamkeit für Gesichter sowie auf die frühe neuronale Verarbeitung in Form von struktureller Enkodierung des Stimulus eingegangen. Die beschriebene Spezialisierung auf späten Stufen umfasst die exklusiven Verarbeitungsstrategien im Sinne einer holistischen Verarbeitung, und die komplexe gemeinsame Verarbeitung von verschiedenen Informationen, die Gesichter übermitteln wie beispielsweise der Identität einer Person oder ihrer aktuellen Stimmung.

### **3.2.1 Aufmerksamkeit für Gesichter**

#### **3.2.1.1 Natürliche Salienz**

Das menschliche Gesicht besitzt eine natürliche Salienz, d.h. es ist ein besonders interessanter Stimulus, der Aufmerksamkeit stärker auf sich zieht als andere visuelle Stimuli. So ist es beispielsweise leichter, ein Gesicht unter Objekten zu entdecken als ein Objekt unter Gesichtern (pop-out effect; Hershler & Hochstein, 2005). Ro, Russell und Lavie (2001) zeigten, dass Veränderungen in Gesichtern schneller und akkurater entdeckt werden als Veränderungen in gleichzeitig dargebotenen Objekten.

Eine Orientierungsreaktion hin zu Gesichtern lässt sich schon bei Neugeborenen wenige Minuten nach der Geburt beobachten: Goren, Sarty und Wu (1975) zeigten Neugeborenen, die durchschnittlich erst 9 Minuten alt waren, eine Reihe von Stimuli. Obwohl die Kinder über keinerlei vorherige Erfahrungen mit Gesichtern verfügten, verfolgten sie die gezeigten Stimuli signifikant weiter mit den Augen und / oder einer Kopfdrehung, wenn es sich dabei um Gesichter handelte. Diese Präferenz für Gesichter und gesichtsähnliche Stimuli bei Neugeborenen konnte immer wieder repliziert werden

(Farroni, Menon, & Johnson, 2006; Goren, et al., 1975; Johnson, Dziurawiec, Ellis, & Morton, 1991; Simion, Valenza, Umiltà, & Dalla Barba, 1998). Die minimale Stimulusausstattung um eine Orientierungsreaktion hervorzurufen, scheint dabei eine gesichtsähnliche Anordnung von zwei kleinen Quadraten als Augen über einem Quadrat als Mund eingeschlossen von einem Kreis zu sein (Johnson, et al., 1991). Eine Präferenz für Gesichter ließ sich aber auch für echte Gesichter in Form von Fotografien nachweisen (Cassia, Turati, & Simion, 2004).

Als Erklärung für diese frühe Gesichterpräferenz werden die strukturelle und die sensorische Hypothese diskutiert. Morton und Johnson (1991) vertreten die strukturelle Hypothese und nehmen an, dass Säuglinge von Geburt an über Informationen zu den strukturellen Charakteristika, also den räumlichen Lokalisationen der Gesichtselemente verfügen (Conspec). Conspec lenkt somit die Aufmerksamkeit verstärkt auf Gesichter, so dass nachfolgendes Lernen über Gesichter (Conlern) ermöglicht wird. Diese Einteilung in zwei verschiedene Prozesse resultiert aus der Beobachtung, dass das Verfolgen von Gesichterstimuli mit den Augen bei Neugeborenen zwischen 4 und 6 Wochen deutlich zurückging. Im Alter von 10 Wochen betrachteten Neugeborene jedoch Gesichter wieder länger als andere vorgehaltene Stimuli. Sie zeigten in diesem Alter also erneut eine klare Präferenz für Gesichter. Die Autoren schlossen daraus, dass die zwei unterschiedlichen Aufgabentypen zwei verschiedene Mechanismen abbildeten, die in der Entwicklung der Gesichterverarbeitung unterschiedlich zum Tragen kommen.

Entsprechend der sensorischen Hypothese ist die frühe Präferenz für Gesichter darauf zurückzuführen, dass Gesichter bestimmte Raumfrequenzeigenschaften aufweisen, die von Neugeborenen aufgrund ihrer sensorischen Ausstattung bei Geburt bevorzugt werden (Simion, Valenza, & Umiltà, 1998). Demnach werden auch gesichtsunähnliche Muster bevorzugt, wenn diese optimale visuell-räumliche Bedingungen aufweisen, wie beispielsweise Konfigurationen mit mehr Elementen in der oberen Hälfte (Cassia, et al., 2004). So demonstrierte Turati (2004), dass auch Schwarz-Weiß-Muster, die keine Ähnlichkeit mit Gesichtern hatten, aber in ihrer oberen Hälfte mehr Elemente aufwiesen als in ihrer unteren Hälfte, eine Blickbevorzugung bei Neugeborenen hervorrufen konnten. Eine solche up-down Asymmetrie in der Anzahl von Elementen weisen auch Gesichter auf. Die Befunde deuten also darauf hin, dass sich die Gesichterpräferenz bei Neugeborenen auch aus einer Präferenz für unspezifische strukturelle Eigenschaften des Stimulus erklären könnte und nicht zwingend ein gesichtsspezifisches Vorwissen voraussetzt (Simion, Macchi Cassia, Turati, & Valenza, 2003).

Der strukturelle und der sensorische Erklärungsansatz vermuten also unterschiedliche Mechanismen, die eine Gesichterpräferenz auslösen, stimmen jedoch darin überein, dass eine solche frühe Gesichterpräferenz eine angeborene Komponente beinhaltet.

Ungeachtet der Frage, wie sich die angeborene Gesichterpräferenz erklärt, handelt es sich bei diesem Phänomen zweifelsohne um den Ausgangspunkt zur Entwicklung einer Expertise für Gesichter: die Gesichterpräferenz garantiert von Geburt an ein Hinwenden zu Gesichtern und somit eine verstärkte Auseinandersetzung mit diesem Stimulus, so dass sich auf dieser Basis das gesichterverarbeitende System spezialisieren kann. Die zentrale Rolle der frühen Auseinandersetzung mit Gesichtern wird unter anderem in Untersuchungen an Jugendlichen, die aufgrund einer Katarakterkrankung im Alter von 2 bis 6 Monaten einige Zeit keinen visuellen Input bekamen, offenbar. Die Betroffenen zeigten selektiv für Gesichter Beeinträchtigungen in den typischen Verarbeitungsstrategien (Le Grand, Mondloch, Maurer, & Brent, 2001) aber auch generell im Erkennen von Gesichtern (Geldart, Mondloch, Maurer, de Schonen, & Brent, 2002).

Die Fähigkeit Gesichter zu entdecken und zu fokussieren ist auch eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung sozialer Fähigkeiten (Gelskov & Kouider, 2010). Eine frühe Form sozialer Interaktion unter expliziter Einbeziehung des Gesichts anderer Personen ist beispielsweise die *geteilte Aufmerksamkeit* (Joint Attention). Gemeint ist der triadische Austausch zwischen einem Kind, seiner Bezugsperson und einem Gegenstand oder Ereignis, wobei das Kind seinen Blick oder Zeigegestik nutzt, um die Aufmerksamkeit seiner Bezugsperson auf das Ereignis oder den Gegenstand von vermeintlichem Interesse zu lenken. Die Fähigkeit zu geteilter Aufmerksamkeit entwickelt sich im 2. Lebenshalbjahr (Walden & Ogan, 1988).

### **3.2.1.2 Autismusspezifische Abweichung**

In wie fern eine angeborene Gesichterpräferenz bei Kindern mit Autismus besteht, lässt sich nur schwer überprüfen, da sich die Störung bei Geburt noch nicht diagnostizieren lässt und somit keine Neugeborenen-Studien durchgeführt werden können. Es zeichnet sich jedoch ab, dass Kinder mit einer autistischen Störung nicht derselben Attraktivität menschlicher Gesichter unterliegen wie Kinder ohne Autismus. In einer aktuellen Studie mit autistischen Kindern im Alter zwischen 7 und 15 Jahren nutzten die Autoren das Change-Blindness Paradigma zur Untersuchung gesichtsbezogener Aufmerksamkeit (Kikuchi, Senju, Tojo, Osanai, & Hasegawa, 2009). Dabei sollten Unterschiede in zwei

abwechselnd gezeigten Szenen entdeckt werden. Die nicht-autistischen Kinder entdeckten Veränderungen in Gesichtern schneller als in Objekten, die Leistungen bei den autistischen Kindern waren hingegen für beide Stimulusklassen gleich. Die autistischen Kinder ließen also einen Aufmerksamkeitsbias für Gesichter vermissen. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen in den letzten Jahren Studien, die die Blickbewegung autistischer und nicht-autistischer Probanden beim Betrachten von sozialen Szenen verfolgten. Beim Beobachten kurzer natürlicher Filmsequenzen zeigten Erwachsene mit ASS anormale Muster im Verfolgen sozialer Informationen mit weniger Aufmerksamkeit für die Augen und einer erhöhten Salienz von Mund, Körper und Objekten (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002b). In einer Serie von Experimenten verglichen Riby und Hancock (2008, 2009a, 2009b) Blickbewegungsmuster von autistischen Kindern und Jugendlichen mit denen von gesunden Kindern und Jugendlichen, sowie Kindern mit Williams-Syndrom. In statischen natürlichen Szenen, also Farbfotografien von sozialen Interaktionen, blickten die autistischen Probanden kürzer als die gesunden Probanden auf die abgebildeten Personen und Gesichter, während die Probanden mit Williams-Syndrom den gegenteiligen Effekt zeigten (Riby & Hancock, 2008). In einer weiteren Untersuchung wurden den Probanden kurze bewegte und statische Ausschnitte von Filmen mit echten menschlichen Schauspielern und Zeichentrickfiguren gezeigt. Die autistischen Probanden verbrachten über alle Stimulusarten hinweg relativ wenig Zeit mit dem Betrachten von Gesichtern und Augen, und mehr Zeit mit dem Betrachten des Bildhintergrunds als die Personen der beiden Kontrollgruppen (Riby & Hancock, 2009b). Auch bei der gleichzeitigen Darbietung mehrere kleiner Bilder mit unterschiedlichem Inhalt zeigten die autistischen Probanden reduzierte Blickzeiten auf Bilder, die Gesichter beinhalteten, im Vergleich zu den Personen beider Kontrollgruppen, was ebenfalls auf ein vermindertes Interesse an sozial relevanten Informationen hindeutet (Riby & Hancock, 2009a).

Konkrete Untersuchungen zum Blickkontakt zeigen, dass Personen mit Autismus ihren Interaktionspartnern kaum in die Augen blicken. In einer retrospektiven Studie gaben 90% der Eltern von autistischen Kindern an, dass ihre Kinder schon im Kleinkindalter in sozialen Situationen verminderten Blickkontakt zeigten (Volkmar, Klin, Siegel, & Szatmari, 1986). In strukturierten Spielsituationen mit ihren Müttern sahen Vorschulkinder mit ASS nur halb so oft auf die Gesichter ihrer Mütter wie Kinder mit Down-Syndrom. Die Mütter mussten teilweise physische Hinweise wie Antippen einsetzen, um die Aufmerksamkeit ihrer Kinder zu bekommen (Joseph & Tager-Flusberg, 1997). Die Beobachtung, dass Kleinkinder mit autistischen Störungen insgesamt weniger Zeit damit

verbrachten, Personen zu betrachten aber mehr Zeit auf Objekte verwendeten, veranlasste Swettenham et al. (Swettenham, et al., 1998) sogar dazu, dieses Verhalten als „face avoidance“ zu bezeichnen. In einer anderen Studie unterschieden sich Vorschulkinder mit und ohne ASS in natürlicher Interaktion nicht in der Häufigkeit und Dauer ihres Blickkontakts zur Mutter, dafür aber in der Qualität: die autistischen Kinder nutzten den Blickkontakt nicht zur Kommunikation von Emotion oder Affekt (Dawson, Hill, Spencer, Galpert, & Watson, 1990).

In der Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit zeigen sich die Zusammenhänge zwischen geminderter Aufmerksamkeit für Gesichter und sozialen Verhaltensweisen besonders deutlich. Während gesunde Kleinkinder und Kinder mit einer Entwicklungsverzögerung häufiger Aufmerksamkeitsshifts zwischen einer Person und einem Objekt als zwischen zwei Objekten oder zwischen zwei Personen zeigten, bewegten Kleinkinder mit ASS ihre Aufmerksamkeit am meisten zwischen zwei Objekten hin und her (Swettenham, et al., 1998).

Geteilte Aufmerksamkeit lässt sich bei Kindern mit ASS insgesamt seltener beobachten als bei gesunden Kindern oder Kindern mit Down-Syndrom (Lewy & Dawson, 1992). Zudem lässt geteilte Aufmerksamkeit oft einen adäquaten Affekt vermissen und wird eher instrumentell eingesetzt, um etwa die Unterstützung einer anderen Person zum Erlangen eines gewünschten Objekts zu bewirken (Kasari, et al., 1990).

Osterling und Dawson (Osterling & Dawson, 1994; Osterling, Dawson, & Munson, 2002) werteten retrospektiv eine Reihe von privaten Videos über den ersten Geburtstag von Kindern im Hinblick auf verschiedene soziale Verhaltensweisen wie Orientierung zum eigenen Namen oder das Betrachten anderer Personen aus. Kinder, die später mit Autismus diagnostiziert wurden, betrachteten andere Personen weniger und zeigten signifikant weniger soziale Verhaltensweisen und weniger geteilte Aufmerksamkeit als die Vergleichskinder mit und ohne geistige Behinderung. Auch Maestro et al. (2002) bedienten sich dieser retrospektiven Methode und studierten private Videos aus den ersten 6 Lebensmonaten von Kindern, die später mit ASS diagnostiziert wurden, und gesunden Kindern. Es fanden sich signifikante Gruppenunterschiede in Items zur sozialen Aufmerksamkeit und sozialem Verhalten, aber nicht in nicht-sozialer Aufmerksamkeit. Insgesamt lenkten die Kinder mit ASS ihre Aufmerksamkeit eher auf nicht-soziale Stimuli als auf Soziale.

Es scheint klar, dass autistische Kinder schon im Kindes- bzw. Kleinkindalter weniger soziales Interesse bzw. Interesse an Gesichtern zeigen, was eine geringere

Erfahrung mit diesem Stimulus nach sich zieht und somit vermutlich eine Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems behindert (Grelotti, Gauthier, & Schultz, 2002; Sasson, 2006).

Bisherige Studien dokumentieren also recht einheitlich ein autistisches Gesichter-Vermeidungsverhalten, d.h. dass autistische Kinder und Erwachsene weniger auf Gesichter blicken als nicht-autistische Personen. Bisher ist unklar, ob sich eine solche Aversion auch schon auf frühen Verarbeitungsstufen in eher automatischen und unbewussten Reaktionen zeigt.

### **3.2.2 Frühe neuronale Verarbeitung von Gesichtern**

Bei der Untersuchung früher Reaktionen auf Gesichter reflektieren Verhaltensbeobachtungen eine große Anzahl sensorischer, perzeptueller, kognitiver und motorischer Prozesse, so dass die gemessenen Reaktionszeiten und die Lösungsgenauigkeit nur schwer spezifischen Prozessen zuzuordnen sind. Um frühe Stufen der visuellen Verarbeitung genauer untersuchen zu können, ist ein Messinstrument nötig, das über eine hohe zeitliche Auflösung verfügt. Ein solches Messinstrument ist das Elektroenzephalogramm (EEG). In Form von ereigniskorrelierten Potentialen (EKPs) lassen sich im EEG die neuronalen Reaktionen auf einen Stimulus bzw. eine experimentelle Manipulation im Millisekunden-Bereich beobachten. Zusätzlich ist das EEG nicht invasiv und erfordert keine komplexen Aufgabenstellungen oder Reaktionen, so dass Personen mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Alter mit dem selben experimentellen Paradigma untersucht werden können.

Im Forschungsbereich der Gesichterverarbeitung konnten inzwischen eine Reihe von EKPs ausfindig gemacht werden, die vermutlich mit der neuronalen Verarbeitung von Gesichtern in Verbindung stehen. Zu den frühen Potentialen zählen dabei die P1 und die N170, die die strukturelle Enkodierung von Stimuli reflektieren sollen. Unter den späteren Potentialen findet sich beispielsweise die N250r, die auf die Bekanntheit eines Gesichts reagiert (Schweinberger, Pickering, Jentsch, Burton, & Kaufmann, 2002), sowie noch spätere EKPs (> 400ms), die mit dem Erkennen der Identität (Eimer, 2000b; Itier & Taylor, 2002) und / oder dem Abruf semantischer Informationen zu einem Gesicht (Paller, Gonsalves, Grabowecky, Bozic, & Yamada, 2000) in Zusammenhang gebracht werden.

Im Bezug auf die frühe neuronale Gesichterverarbeitung konzentrieren sich EEG-Studien jedoch vornehmlich auf die P1 und die N170, wobei in vielen Studien die N170 im Fokus des Interesses steht, da bisher die Rolle der P1 in der neuronalen Verarbeitung von

Gesichtern noch nicht ausreichend geklärt ist. Im Folgenden sollen jedoch beide Komponenten vorgestellt werden.

### 3.2.2.1 P1

#### *P1 als visuell evoziertes Potential*

Die P1 gilt als die erste konstante Reaktion des Gehirns auf visuelle Stimulation. Sie ist im Allgemeinen die erste beobachtbare Komponente im EEG. Bei sehr großen Stimuli geht manchmal noch eine andere frühe Komponente, die C1 voran (Jeffreys & Axford, 1972).

Die P1 setzt sich aus einer frühen (P75) und einer späten (P100) Komponente zusammen, die sich im zeitlichen Verlauf mit der C1 überschneiden, aber eine andere Topographie ausweisen (V. P. Clark, Fan, & Hillyard, 1995). Die P1 fällt über laterale okzipitalen Regionen am größten aus. Ihr Beginn lässt sich bei 60 - 90 ms nach Stimulusonset beobachten und sie erreicht ihren Gipfel (Peak) nach ca. 100 - 130 ms (Luck, 2005). Di Russo, Martínez, Sereno, Pitzalis und Hillyard (Di Russo, Martínez, Sereno, Pitzalis, & Hillyard, 2001) konnten mit Hilfe kombinierter Analysen aus EEG, modellbasierter Quellenlokalisation und fMRT-Daten neuronalen Generatoren der frühen visuellen Komponenten in Reaktion auf Schachbrettmuster bestimmen. Demnach wird die C1 (Peak: 90 - 92 ms) im primär visuellen Areal (striater Kortex) generiert. Von der P1 wird die frühe Phase der Komponente (Beginn: 72 - 80ms, Peak: 98 - 110 ms) im dorsal extrastriaten Kortex des mittleren okzipitalen Gyrus und die späte Phase (Beginn: 110 - 120ms, Peak: 136 - 146 ms) im ventral extrastriaten Kortex des fusiformen Gyrus generiert.

Die P1 wird durch verschiedene Manipulationen visueller Informationen beeinflusst (M. Taylor, McCarthy, Saliba, & Degiovanni, 1999), wie beispielsweise Unterschiede in der räumlichen Frequenz des Stimulus (Hopf & Mangun, 2000). In wie weit die Komponente gesichtsspezifische Verarbeitungsprozesse widerspiegelt, ist dabei bisher noch unklar.

#### *P1 und Gesichterverarbeitung*

Manche Forscher vermuten in der P1 eine sehr frühe Stufe der Gesichterverarbeitung (Itier & Taylor, 2002). Dafür spricht, dass die P1 in manchen Studien auf Gesichter anders reagiert als auf Objekte oder durch Konfigurationsveränderungen innerhalb von Gesichtern moduliert wird: Die Arbeitsgruppe um Taylor und Kollegen (Itier & Taylor, 2004c; M.



Taylor, Itier, Allison, & Edmonds, 2001) berichtete für Gesichter kürzere P1-Latenzen (M. Taylor, Itier, et al., 2001) bzw. größere P1-Amplituden (Itier & Taylor, 2004c) als für Objekte (Blumen, Tiere, Gegenstände und Texturen). Zudem waren exklusiv für Gesichter die Amplituden rechts größer als links, während sich für Objekte keine Lateralisierung der P1 beobachten ließ (Halit, de Haan, & Johnson, 2000; Itier & Taylor, 2004c).

Die P1 zeigte sich auch sensibel für Veränderungen der typischen Konfiguration von Gesichtern. Wurden Gesichter um 180° gedreht, also auf dem Kopf stehend präsentiert, zeigte die P1 längere Latenzen als für aufrecht dargebotene Gesichter (Itier & Taylor, 2002, 2004c) sowie größere Amplituden (Itier & Taylor, 2002; M. Taylor, Edmonds, McCarthy, & Allison, 2001). Auch bei Gesichtern, bei denen die einzelnen Gesichtsm Merkmale (Augen, Nase, Mund) in einer unnatürlichen Konstellation im Gesicht angeordnet wurden, reagierte die P1 verändert: P1-Amplituden und -Latenzen waren bei den unnatürlichen Gesichtern größer als bei natürlichen Gesichtern (Macchi Cassia, Kuefner, Westerlund, & Nelson, 2006). Weiterhin wurde beobachtet, dass die P1 auch auf die Veränderung anderer Bildinformationen reagierte. Die Komponente zeigte beispielsweise kleinere Amplituden auf schematische Darstellungen von Gesichtern als auf Fotografien (Latinus & Taylor, 2006).

Nach einer Studie von Halit, de Haan und Johnson (Halit, et al., 2000) soll sich die P1 auch sensibel für die Attraktivität von Gesichtern zeigen: Den Probanden wurden Gesichter gezeigt, die zuvor von anderen Personen als attraktiv oder nicht-attraktiv eingestuft worden waren. Die Amplitude der P1 fiel dabei für weniger attraktive Gesichter größer aus als für attraktive Gesichter.

Insgesamt lässt sich bei vielen Studien nur schwer sagen, ob Variationen in der P1-Amplitude und -Latenz tatsächlich unterschiedliche Stimulusklassen widerspiegeln, also eine gesichterspezifische neuronale Verarbeitung, oder ob sie auf bildbasierte systematische Unterschiede zwischen verschiedenen Stimuli zurückzuführen sind wie die Raumfrequenz oder Lumineszenz.

Gegen eine Beteiligung der P1 an der Enkodierung von Gesichtern spricht, dass sich Veränderungen der P1 in Reaktion auf Veränderungen der natürlichen Konfiguration von Gesichtern nicht immer zuverlässig replizieren ließen (z.B. Boutsen, Humphreys, Praamstra, & Warbrick, 2006; Rossion, Campanella, et al., 1999).

Insgesamt scheint die P1 bis zu einem gewissen Grad sensitiv auf Gesichter zu reagieren, jedoch keine gesichtsspezifischen neuronalen Prozesse widerzuspiegeln.

Ungeachtet dessen, für welche Stimulusqualitäten die P1-Komponente sensitiv ist, kommt ihr eine wichtige Bedeutung zu, denn Veränderungen in dieser sehr frühen Komponente beeinflussen unweigerlich die Amplitude, Latenz und Topographie der zeitlich nachfolgenden Komponenten (Kuefner, de Heering, Jacques, Palmero-Soler, & Rossion, 2010).

### *Entwicklung der P1*

Untersuchungen zur Entwicklung verschiedener EKPs über die Kindheit zum Erwachsenenalter berichten sehr einheitlich, dass die P1 nicht nur bei Erwachsenen sondern auch bei Kindern zuverlässig durch visuelle Stimuli hervorgerufen wird (z.B. Kuefner, et al., 2010; M. Taylor, et al., 1999).

Auch bei Kindern zeigte sich die Komponente in manchen Studien sensitiv für Unterschiede zwischen den präsentierten Stimuli und in anderen Studien nicht. Die Arbeitsgruppe um Taylor und Kollegen (Itier & Taylor, 2004b, 2004c; M. Taylor, Edmonds, et al., 2001) konnte sowohl für Erwachsene als auch für Kinder (4 bis 16 Jahre) beobachten, dass die P1 mit größeren Amplituden und kürzeren Latenzen auf Gesichter im Vergleich zu Objekten reagierte (M. Taylor, Edmonds, et al., 2001) und mit größeren Amplituden und längeren Latenzen auf Gesichter, die um 180° gedreht dargeboten wurden im Vergleich zu aufrechten Gesichtern (Itier & Taylor, 2004b, 2004c). Bei Henderson, McCulloch und Herbert (2003) hingegen wurde die P1 bei Kindern nicht davon beeinflusst, ob Gesichter aufrecht oder gedreht präsentiert wurden, während die P1 bei Erwachsenen wie in den Studien von Taylor et al. (Itier & Taylor, 2004b, 2004c; M. Taylor, Edmonds, et al., 2001) mit größeren Amplituden und längeren Latenzen auf gedrehte Gesichter im Vergleich zu aufrechten Gesichtern reagierte.

Die P1 weist im Kindes- und Jugendalter (zwischen 4 und 16 Jahren) im Allgemeinen größere Amplituden und längere Latenzen auf als bei Erwachsenen (Henderson, et al., 2003; Kuefner, et al., 2010; M. Taylor, Edmonds, et al., 2001). Studien, die die P1 in verschiedenen Altersgruppen miteinander verglichen, konnten eine quantitative Entwicklung der Komponente beobachten, wobei sich P1-Amplituden und -Latenzen mit zunehmendem Alter verringerten (Batty & Taylor, 2006; Itier & Taylor, 2004a, 2004b; M. Taylor, Edmonds, et al., 2001).

Eine sehr detaillierte Untersuchung der frühen visuellen EKPs zu Gesichtern und Objekten veröffentlichten Kuefner, de Heering, Jacques, Palmero-Soler und Rossion (2010). Die Autoren untersuchten die Entwicklung der P1 und der N170 bei Kindern

zwischen 4 und 17 Jahren, sowie Erwachsenen in insgesamt 9 Altersgruppen (4-6, 6-8, 8-9, 9-11, 11-12, 12-14, 14-16, 16-17, Erwachsene). Den Probanden wurden Farbfotografien von Gesichtern und Autos präsentiert, sowie Farbaufnahmen von Gesichtern und Autos, die mit einer Fourier Phasen-Randomisierungsprozedur verändert worden waren. Bei diesem Verfahren wird das Phasenspektrum des Bildes durch zufällige Werte ersetzt, so dass sich Muster ergeben, bei denen die Amplitude des Spektrums unbeeinflusst bleibt (die Forminformationen gehen verloren, aber Informationen zu Lumineszenz, Kontrast, Farbe, Raumfrequenzspektrum bleiben bestehen). Per Inspektion ließ sich in der Topographie erkennen, dass sich die P1-Aktivität in den jüngeren Altersgruppen der 4- bis 14-Jährigen gleichmäßig über okzipitalen Elektrodenorten verteilte. Ab einem Alter von 14 - 15 Jahren trat die Komponente fokussierter an lateralen Orten auf, d.h. das Aktivitätsmaximum verlagerte sich weg von O1 und O2 und hin zu den lateralen Elektroden PO7 und PO8. Die Topographie der P1 war für alle Stimulusklassen in jeder der Altersgruppen gleich.

Die Analyse der P1-Amplituden ergab für alle Altersgruppen signifikant größere Amplituden für Gesichter und phasenveränderte Gesichter als für Autos und phasenveränderte Autos, sowie größere Amplituden für phasenveränderte Bilder als für natürliche Bilder, was dafür sprach, dass die P1 sowohl sensibel für gesichtstypische Informationen als auch für allgemeine Forminformationen war. An den lateralen Elektrodenorten waren die Amplituden über der rechten Hemisphäre größer als über der linken. Über alle Stimulusklassen hinweg zeigte sich mit zunehmendem Alter eine Abnahme der Amplitudenhöhe.

In der Analyse der P1-Latenzen zeigten sich signifikant kürzere Latenzen auf natürliche Gesichter als auf alle anderen Stimuluskategorien. Über der rechten Hemisphäre fielen die Latenzen kürzer aus als über der linken Hemisphäre. Für alle Stimulusklassen fanden sich moderate Verkürzungen der Latenz mit zunehmendem Alter, die am deutlichsten im Altersbereich von 9 bis 12 Jahren ausfielen: Über alle Stimulusklassen hinweg lag der Gipfel der P1 bei durchschnittlich 114 ms in der Gruppe der jüngsten Probanden (4-6 J.) und um 90 ms bei Erwachsenen.

Insgesamt zeigten sich in der Studie von Kuefner et al. (Kuefner, et al., 2010) also entwicklungsbedingte Veränderungen an posterioren Elektroden für die P1-Komponente: ihre Amplituden und Latenzen verringerten sich mit zunehmendem Alter der Probanden. Die Topographie verlagerte sich dabei von okzipital-zentral nach okzipital-lateral. Keine dieser entwicklungsbezogenen Veränderungen fand sich ausschließlich für Gesichter, sondern auch für Bilder von Autos und bedeutungslose Kontrollstimuli.

Die P1 zeigte sich in ihrer Amplitude und Latenz über alle Altersgruppen hinweg sensitiv für Gesichter, mit kürzeren Latenzen und größeren Amplituden für Gesichter als für andere Stimuli, was für eine frühe Spezialisierung der P1 für Gesichter spricht.

### 3.2.2.2 N170

#### *Definition*

Die N170 gilt als neuronale Repräsentation der strukturellen Enkodierung von Gesichtern (Bentin, et al., 1996). Das bedeutet, sie kennzeichnet den Moment, in dem ein Gesicht anhand seiner typischen Struktur als Gesicht erkannt bzw. von anderen Objekten unterschieden wird. Die Komponente tritt an posterior temporalen Gehirnregionen unmittelbar im Anschluss an die P1 als starke Negativierung des EEG-Signals auf und erreicht bei Erwachsenen ihr Maximum um 170 ms nach Stimulus-Onset.

Die N170 lässt sich gleichsam für alle visuellen Stimuli beobachten (vgl. Abbildung 2). Menschliche Gesichter evozieren diese Komponente jedoch konsistent mit größeren Amplituden und kürzeren Latenzen als andere belebte oder nicht-belebte Objekte wie beispielsweise Schmetterlinge, Vögel, Hände, Möbelstücke oder Autos (z.B. Bentin, et al., 1996; Carmel & Bentin, 2002; Eimer, 2000b; Rossion, Delvenne, et al., 1999; Rossion, Joyce, Cottrell, & Tarr, 2003). Zudem ist die N170 für Gesichter deutlicher über der rechten Hemisphäre ausgeprägt, während sie für andere Objekte bilateral verteilt ist (Rossion, et al., 2003). Die N170 wird im Allgemeinen begleitet von einer Positivierung an zentral frontalen Elektroden, dem „vertex-positiven Potential“ (VPP) oder auch „P170“ (Jeffreys & Tukmachi, 1992; Rossion, et al., 2003; Sagiv & Bentin, 2001).

Bisher ist noch nicht übereinstimmend geklärt, in welchen neuroanatomischen Regionen die N170 generiert wird. Mit Hilfe subduraler Messungen konnte im mittleren Gyrus fusiformis und in posterior inferior temporalen Gyri ein gesichtsbezogenes EKP ausfindig gemacht werden, das der N170 ähnelt (Allison, McCarthy, Nobre, Puce, & Belger, 1994). Neben dem Gyrus fusiformis (Deffke, et al., 2007; McKone & Kanwisher, 2005) werden auch der okzipitotemporale Sulcus (Bentin, et al., 1996) und der Sulcus temporalis superior (Puce, Allison, & McCarthy, 1999) als neuronale Generatoren der N170 diskutiert.

#### *Gesichtsspezifität*

In einer Studie von Carmel und Bentin (2002) evozierten Gesichter von Menschenaffen eine N170 mit ähnlicher Amplitude wie menschliche Gesichter. Für die

Tierbilder lag die Peaklatenz der Komponente jedoch durchschnittlich 10 ms später als für die Menschenbilder. Die N170 scheint also spezifisch für Gesichter nicht aber für eine bestimmte Spezies zu sein. Diese Schlussfolgerung bestätigt sich auch in Untersuchungen zum Other-Race Effekt, der besagt, dass Gesichter innerhalb einer ethnischen Gemeinschaft (asiatisch, afrikanisch oder kaukasisch) im Allgemeinen besser wiedererkannt werden als die innerhalb einer anderen. Der Other-Race Effekt stört zwar das Erkennen von Identität, nicht aber die neuronale N170. Die Verarbeitungsvor- bzw. -nachteile, die durch den Effekt entstehen, spiegeln sich erst nach ca. 250 ms im EEG-Signal wider (Caldara, Rossion, Bovet, & Hauert, 2004).

Die Gesichtsselektivität der N170-Komponente zeigt sich auch darin, dass für Bilder von menschlichen Körpern ohne Kopf negative Komponenten mit einer späteren Peaklatenz von 190 ms (N190) beobachtet wurden, deren Spannungsverteilung über den Kopf und Amplitudengrößen sich deutlich von der N170 unterschied, die durch Gesichter hervorgerufen wurde (Gliga & Dehaene-Lambertz, 2005; Thierry, et al., 2006). Dieser Befund spricht für eine funktionell getrennte neuronale Repräsentation von menschlichem Gesicht und Körper.

Untersuchungen, welche Bestandteile von Gesichtern die N170 genau verantworten, zeigten, dass sowohl das Fehlen der Kontur von Gesichtern (Umriss und Haaransatz) als auch das Fehlen der inneren Merkmale die Komponentenamplitude verringerten und die Latenzen verlängerten (Eimer, 2000c). Insgesamt deuten jedoch mehr Studien darauf hin, dass die gesichtstypische N170 stärker mit den internen Gesichtsmerkmalen verbunden ist bzw. die äußeren Merkmale eine untergeordnete Rolle spielen (z.B. Bentin & McCarthy, unveröffentlicht, zitiert nach Sagiv & Bentin, 2001; Olivares & Iglesias, 2008; Zion-Golumbic & Bentin, 2007). Die isolierte Präsentation von Augen evozierte größere N170-Amplituden als vollständige Gesichter, während isoliert präsentierte Nasen und Münder kleinere Amplituden mit einer Latenzverschiebung um rund 50 ms hervorriefen (Bentin, et al., 1996). Dieses Ergebnis aus einer der ersten Studien zur N170, ließ die Vermutung aufkommen, die Komponente sei besonders sensitiv für Augen. Widersprüchliches findet sich hierzu bei Eimer (1998): die N170-Amplitude wurde nicht durch die An- oder Abwesenheit von Augen in einem Gesicht moduliert, allerdings war die Peaklatenz der N170 für Gesichter ohne Augen verlängert.

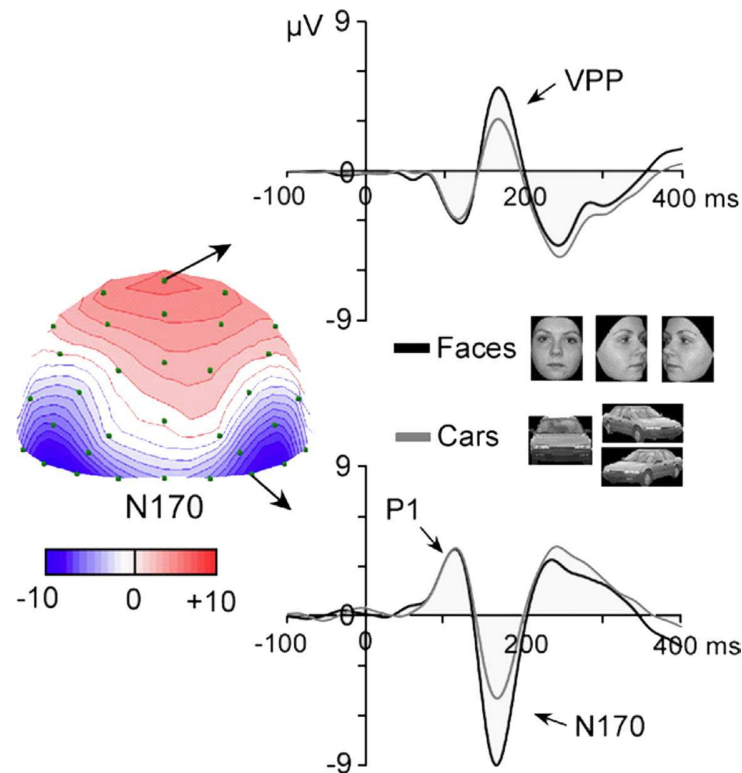


Abbildung 2. Beispiel für die Spannungsverteilung und die Spannungseigenschaften der N170, entnommen aus B. Rossion und C. Jacques (2008). *Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. Neuroimage, 39(4), 1959-1979.* Gesichter evozieren um 170 ms nach Stimulus-Onset an posterior temporalen Elektroden eine Negativierung mit größerer Amplitude als Autos, bei gleichzeitiger Positivierung an zentral frontalen Elektroden.

### Strukturelle Enkodierung

Die N170 zeigt sich also sensitiv für die Struktur von Gesichtern, d.h. die Anordnung der inneren Merkmale. Entsprechend wird die Komponente durch Zerstörungen der natürlichen Struktur moduliert. Klassischerweise werden solche Zerstörungen der Gesichtskonfiguration durch Inversion eines Gesichts, also Drehung um 180°, oder durch unnatürliche Anordnung der einzelnen inneren Gesichtsbestandteile zu sogenannten „scrambled faces“ untersucht. Beide Maßnahmen zerstören die natürliche gesichtstypische Anordnung von Augen, Nase und Mund.

Im Vergleich zu aufrecht präsentierten natürlichen Gesichtern lassen sich bei invertierter Darbietung Verzögerungen um ca. 10 ms in der Komponentenlatenz (Bentin, et al., 1996; McPartland, Dawson, Webb, Panagiotides, & Carver, 2004) oder größere Amplituden beobachten (Anaki, Zion-Golumbic, & Bentin, 2007). Veränderungen in beiden Komponenteneigenschaften in Reaktion auf die Drehung von Gesichterstimuli dokumentierten Rossion et al. (1999; 2000). Auch der Inversionseffekt zeigte sich nur für

Gesichter, nicht für Objekte und war besonders ausgeprägt über der rechten Hemisphäre. Als Erklärung wird angenommen, dass die strukturelle Enkodierung von invertierten Gesichter schwieriger ist als die von aufrechten Gesichtern, weil die natürliche Konfiguration zerstört wurde. Die Amplitudenvergrößerung im Vergleich zu aufrecht dargebotenen Gesichtern wird in diesem Zusammenhang als Zeichen für die Erschwernis interpretiert (George et al., 1996; Rossion et al., 1999).

Im Gegensatz zu gedrehten Gesichtern evozieren aufrechte Gesichter mit einer veränderter Anordnung der inneren Merkmale im Allgemeinen kleinere Amplituden (z.B. Bentin, et al., 1996; Latinus & Taylor, 2006) und Latenzverlängerung (Zion-Golumbic & Bentin, 2007) in der N170 als Gesichter mit normaler Anordnung der inneren Merkmale. Dies scheint widerzuspiegeln, dass Gesichter mit untypischer Anordnung der Merkmale nicht mehr sofort als Gesichter erkannt werden.

Ausgehend von der Annahme, dass die N170 mit strukturellen Enkodierungsprozessen assoziiert ist, vermuteten Sagiv und Bentin (2001), dass - ähnlich wie bei der Orientierungsreaktion bei Neugeborenen - minimale strukturelle Voraussetzungen ausreichen müssten, gesichtsspezifische neuronale Verarbeitung anzuregen und somit die N170 hervorzurufen. Tatsächlich lösten in ihrer Studie nicht nur Fotografien von Gesichtern, sondern auch Ölgemälde, Karikaturen und einfache Smileys im Vergleich zu Objekten deutlichere wenn auch nicht ganz identische N170-Komponenten aus: Die Amplituden der Karikaturen waren signifikant weniger negativ als die der drei anderen Gesichterarten, zwischen denen sich allerdings keine Unterschiede in Komponentenamplitude oder -latenz fanden.

Weitere Studien bestätigten immer wieder, dass auch schematische Gesichter aus einfachen Linien und Punkten (Smileys) die N170 mit vergleichbaren Amplituden und Latenzen auslösen (Bentin & Golland, 2002; Bentin, Golland, Flevaris, Robertson, & Moscovitch, 2006; Henderson, et al., 2003; Latinus & Taylor, 2006; Letourneau & Mitchell, 2008; L. S. Scott & Nelson, 2006). In einer weiteren Studie demonstrierten Bentin, Sagiv, Mecklinger, Friederici und von Cramon (2002) jedoch, dass im Gegensatz zu einem isoliert dargebotenen Augenpaar, zwei einzelne Punkte keine gesichtsspezifische N170 hervorrufen. Erst nachdem die Probanden die beiden Punkte auch im Kontext eines gezeichneten Gesichts gesehen hatten, evozierten die beiden isoliert dargebotenen Punkte gesichtsspezifische neuronale Aktivität. Offenbar wurde ein Primingeffekt ausgelöst, der die Probanden die beiden Punkte als schematische Augen interpretieren ließ. Im Gegensatz zu einzelnen Bestandteilen realer Gesichter können einfache Punkte und Linien also nur in

einem vollständigen Gesichtsgefüge als Gesichter wahrgenommen werden. Zusammenfügt zu einem solchen vollständigen Gesicht, scheinen Smileys dann jedoch den strukturellen Prototypen menschlicher Gesichter darzustellen.

Die Erkenntnis, dass auch einfache und unrealistische Gesichter wie Smileys eine robuste N170 evozieren können, weist auf Einflüsse ganzheitlicher Verarbeitungsprozesse auf diese Komponente hin: Sagiv und Bentin (2001) fanden für aufrecht dargebotene Gesichter unabhängig von ihrer strukturellen Komplexität vergleichbare Latenzen und Amplituden (s.o.), was sie als perzeptuelle Integration zu einer Gestalt und somit als Hinweis auf die Beteiligung holistischer Verarbeitungsprozesse an der strukturellen Enkodierung von Gesichtern werteten. Für einfache Gesichter zeigte sich jedoch nur ein eingeschränkter Inversionseffekt: während sich für fotografische Gesichter ein Inversionseffekt sowohl auf die Amplitude als auch auf die Latenz zeigte, evozierten Smileys einen Inversionseffekt nur in der Amplitude. Dieser reduzierte Inversionseffekt für die sehr einfach strukturierten Gesichter lässt also auch Einflüsse einzelner Gesichtskomponenten auf die strukturelle Enkodierung vermuten.

#### *Frühe Stufe im Verarbeitungsprozess*

Die strukturelle Enkodierung von Gesichtern - und somit die N170 - reflektiert eine sehr frühe Stufe der Gesichterverarbeitung, die anderen Verarbeitungsprozessen vorgeschaltet ist. So reagiert die Komponente nicht auf den Bekanntheitsgrad eines präsentierten Gesichts (Anaki, et al., 2007; Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 2000b, 2000c). Eine Unterscheidung von bekannten und unbekannten Gesichtern lässt sich erst später im EEG-Signal in Form einer verstärkten Negativierung zwischen 300 und 450 ms (N400f) und einer verstärkten Positivierung zwischen 450 und 600 ms (P600f) für bekannte Gesichter über frontalen Regionen beobachten (Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 2000a). Die strukturelle Enkodierung wird also nicht von Identifikationsprozessen beeinflusst.

Auch das Alter oder das Geschlecht einer betrachteten Person wirken nicht auf die Ausprägung der N170 ein (Mouchetant-Rostaing & Giard, 2003; Mouchetant-Rostaing, Giard, Bentin, Aguera, & Pernier, 2000). Ihre Verarbeitung spiegelt sich erst im Latenzbereich von 200 bis 400 ms wider und ist somit vermutlich eher mit generellen Kategorisierungsprozessen verbunden als mit der strukturellen Enkodierung.

Etwas uneinheitlicher sind die Befunde in Bezug auf die Rolle von emotionalen Gesichtsausdrücken in der strukturellen Enkodierung. Einerseits wird berichtet, die Effekte emotionaler Gesichtsausdrücke treten noch später als die der Gesichtsidentität auf und



seien eher über frontozentralen Regionen zu beobachten, so dass die N170 von ihnen unbeeinflusst bliebe (Balconi & Pozzoli, 2003; Eimer & Holmes, 2002; Holmes, Winston, & Eimer, 2005; Munte, et al., 1998). Andererseits wurden auch größere N170-Amplituden für wütende im Vergleich zu glücklichen Gesichtern beobachtet (Krombholz, Schaefer, & Boucsein, 2007). Righart und De Gelder (2006) präsentierten im Hintergrund der Stimulusgesichter Szenen, die mit Angst verbunden waren, wie verunglückte Autos oder Injektionsnadeln. Dieser angstbezogene Kontext führte ebenfalls zu einer verstärkten Negativierung der Komponentenamplitude. Der kontextbezogene Emotionseffekt war jedoch linkshemisphärisch deutlicher zu sehen und deutet entsprechend einen zur strukturellen Enkodierung parallelen neuronalen Prozess der Emotionsverarbeitung an.

Feststeht, dass die N170 automatisch und robust durch Gesichter hervorgerufen wird, sobald diese im visuellen Feld auftauchen. Ihr Erscheinungsbild wird im Experiment auch nicht dadurch moduliert, ob das erblickte Gesicht für die Aufgabe von Relevanz ist, also ob es als Target fungiert (Anaki, et al., 2007; Carmel & Bentin, 2002; Cauquil, Edmonds, & Taylor, 2000).

### *Entwicklung*

Die N170 liegt in ihrer oben beschriebenen Ausprägung nicht von Geburt an vor, sie scheint sich vielmehr erst mit zunehmender Reifung und Erfahrung im Umgang mit Gesichtern zu entwickeln. Bei Säuglingen im Alter von 6 Monaten konnte keine gesichtsbezogene N170 festgestellt werden, die der von Erwachsenen entsprach (de Haan, Pascalis, & Johnson, 2002). Stattdessen fanden sich zwei andere EKPs, die sich sensitiv für Gesichter zeigten und als Vorläufer der Erwachsenen-N170 erwogen werden, die N290 und die P400. Die N290-Komponente erreicht ihr Maximum um 290 bis 350 ms an posterioren Elektroden über der Mittellinie. Sie lässt sich bei Säuglingen im Alter zwischen 3 und 12 Monaten beobachten. Im Alter von 3 bis 6 Monaten reagiert die N290 allerdings noch nicht auf die Orientierung (aufrecht oder gedreht) der dargebotenen Gesichter (de Haan, et al., 2002; Halit, de Haan, & Johnson, 2003). Erst im Alter von 12 Monaten wird die N290 durch Stimulusinversion in gleicher Weise moduliert wie die Erwachsenen-N170 (Halit, et al., 2003): die Amplituden vergrößern sich. Die N290 wird also mit zunehmendem Alter sensitiver für aufrechte menschliche Gesichter. Im Unterschied zur Erwachsenen-N170 ist sie jedoch mehr medial verteilt, weist längere Latenzen und kleinere Amplituden auf und zeigt keinen Inversionseffekt auf die Latenz.

Die P400-Komponente lässt sich ebenfalls bei Säuglingen zwischen 3 und 12 Monaten beobachten (de Haan, Johnson, & Halit, 2003). Sie ist maximal an posterior lateralen Elektroden zwischen 390 und 450 ms nach Stimulus-Onset. Auch sie wird als Vorläufer der N170 diskutiert, weil sie schneller auf Gesichter als auf Objekte reagiert und eine ähnliche Spannungsverteilung wie die N170 aufweist. Die P400-Amplitude reagiert bereits bei 3 bis 6 Monate alten Säuglingen sensitiv auf Inversion des präsentierten Stimulus, dieses jedoch nicht selektiv nur bei Gesichtern. Doch im Alter von 12 Monaten zeigt sich ein Inversionseffekt speziell für Gesichter in der Latenz der P400. Auch diese Komponente scheint sich also mit zunehmendem Alter mehr zu spezialisieren (de Haan, et al., 2003).

Die Befunde der Säuglingsstudien postulieren eine graduelle Spezialisierung kortikaler Gesichterverarbeitung in postnataler Entwicklung (de Haan, et al., 2002), die jedoch nicht im Alter von 12 Monaten abgeschlossen ist.

Auch bei Kindern älter als 12 Monate findet sich eine Komponente, die der Erwachsenen-N170 zwar ähnelt, aber nicht mit ihr identisch ist. Sie wird im Allgemeinen als „Vorläufer-N170“ (prN170 von ‘precursor N170’) bezeichnet (z.B. M. Taylor, Edmonds, et al., 2001; M. Taylor, et al., 1999). Auch die prN170 erreicht in Amplitude und Latenz bis in die Adoleszenz nicht die Werte der Erwachsenen-N170.

Taylor, McCarthy, Saliba und Degiovanni (1999) untersuchten systematisch Alterseffekte auf das Erscheinungsbild der N170 bzw. prN170 bei Erwachsenen und Kindern im Alter von 4 bis 5, 6, 7 bis 8, 9 bis 11 und 12 bis 14 Jahren. Sie fanden signifikante Alterseffekte auf die Latenz über lateral posterioren Regionen an T5' und T6': die Latenzen wurden mit zunehmendem Alter kürzer. Es wurde offenbar, dass die Latenzen der N290 bei 12 Monate alten Säuglingen (de Haan, et al., 2003) nur ca. 20 ms länger waren als die der prN170 bei 4- bis 5-jährigen Kindern. Eine deutliche Verkürzung der Latenzen um ca. 35 ms war vor allem zwischen der Altersgruppe der 4- bis 5-jährigen und den 6- bis 7-Jährigen zu beobachten. Wahrscheinlich repräsentiert die Zeit zwischen einem und vier Lebensjahren eine Phase besonders langsamer Entwicklung der Gesichterverarbeitung und die zwischen vier und sechs Jahren eine Phase intensiverer Entwicklung in diesem Bereich (de Haan, et al., 2003). Einen signifikanten Anstieg der Amplitudenhöhe mit zunehmendem Alter konnten Taylor et al. (M. Taylor, et al., 1999) nur an T6' also über der rechten Hemisphäre verzeichnen. Dieser wurde allerdings primär durch einen Anstieg der Amplitudenhöhe zwischen den 12- bis 14-jährigen Probanden und den Erwachsenen bedingt - im Altersbereich zwischen 4 und 14 Jahren hingegen

schwankte die Amplitudenhöhe unsystematisch zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Bei Kindern unter 12 Jahren konnte die frontale P170 nicht zuverlässig ermittelt werden (M. Taylor, et al., 1999) .

In einer Gruppe von 4 bis 15-jährigen Kindern hatte die N170 kürzere Latenzen und größere Amplituden für isoliert dargebotene Augen und zeigte schon bei 11-Jährigen Ausprägungen wie die Erwachsenen-N170 (M. Taylor, Edmonds, et al., 2001), so dass davon ausgegangen werden kann, dass sich die Augendetektion früher entwickelt als die vollständige strukturelle Enkodierung von Gesichtern. Die prN170 wurde durch Stimulusinversion bei Kindern zwischen 8 und 16 Jahren genauso moduliert wie die N170 bei Erwachsenen (Itier & Taylor, 2004a, 2004b).

Diese Ergebnisse zur N170 in der Kindheit legen nahe, dass die neuronale Basis der strukturellen Enkodierung von Gesichtern einer graduell-quantitativen Entwicklung über die Kindheit hinweg unterliegt, die nicht vor dem frühen Erwachsenenalter abgeschlossen ist. Kuefner et al. (2010) bestätigten in ihrer Arbeit, dass die N170 ihre Gesichtssensibilität im Hinblick auf Topographie, rechtshemisphärische Dominanz sowie kürzere Latenzen und größere Amplituden für Gesichter im Vergleich zu Autos schon im frühen Kindesalter zeigt. Für ihre Probanden im Alter zwischen 4 und 17 Jahren stellten die Autoren jedoch fest, dass sich diese Gesichtssensibilität nicht wie bisher vermutet selektiv für Gesichter weiterentwickelt. Die altersabhängigen Veränderungen in Topographie, Amplitude und Latenz der Komponente waren nicht spezifisch für Gesichter, sondern schienen vielmehr einer allgemeinen perzeptuellen und kognitiven Reifung zu unterliegen: wurden die altersbezogenen Variationen in der der N170 unmittelbar vorgeschalteten P1 kontrolliert, so reduzierte sich der Alterseinfluss auf die Ausprägung der N170 erheblich. Die Komponente erschien daraufhin in allen Altersgruppen ähnlich mit deutlich geringeren Verkürzungen der Latenz als bisher vermutet. Die Ergebnisse von Kuefner et al. (Kuefner, et al., 2010) entfachen damit erneut die Debatte um die Frage, ob die Entwicklungen in Gesichterverarbeitungsfähigkeiten tatsächlich eine selektive gesichtsbezogene Veränderung widerspiegeln oder eher eine generelle perzeptuelle Weiterentwicklung (Crookes & McKone, 2009; Want, Pascalis, Coleman, & Blades, 2003).

### **3.2.2.3 Autismusspezifische Abweichung**

Bisher finden sich in der Autismusforschung nicht viele und vor allem kaum systematische Untersuchungen zur frühen Gesichterverarbeitung in Form von P1 und N170. Der aktuelle Stand der Wissenschaft soll im Folgenden skizziert werden.

*P1*

Die Erscheinungsform der P1 in Reaktion auf Gesichter wird für Personen mit Autismus als sehr ähnlich beschrieben wie für Personen ohne Autismus. Bei autistischen Kindern im Alter von 6 bis 10 Jahren (Wong, Fung, Chua, & McAlonan, 2008) und im Alter von 9 bis 10 Jahren (O'Connor, Hamm, & Kirk, 2005) trat die P1 mit vergleichbarer Topographie, Amplitude und Latenzen auf wie in den in Alter, IQ und Geschlecht parallelisierten Kontrollgruppen gesunder Kinder. Autistische Kinder zeigten wie nicht-autistische Kinder größere Amplituden als Erwachsene (O'Connor, et al., 2005).

Auch im Erwachsenenalter ließen sich für Personen mit und ohne ASS vergleichbare P1-Amplituden und -Latenzen für Gesichter beobachten (Webb, et al., 2010). O'Connor, Hamm und Kirk (O'Connor, et al., 2005) berichteten allerdings für Erwachsene mit Asperger-Syndrom längere P1-Latenzen als für Erwachsene ohne AS, wobei sich in der Komponentenamplitude keine Gruppenunterschiede zeigten.

Wong, Fung, Chua und McAlonan (2008) führten zusätzlich eine Dipol-Quellenlokalisation durch, in der sich zeigte, dass die neuronalen Reaktionen im visuellen Kortex bei den untersuchten Kindern mit ASS schwächer und langsamer waren als bei den nicht-autistischen Kindern. Die Autoren verstanden ihre Befunde als einen Hinweis auf eine abweichende kortikale Spezialisierung der neuronalen Netzwerke der Gesichterverarbeitung.

*N170*

Die P1-Komponente wird auch bei Kindern und Erwachsenen mit ASS zuverlässig von einer Negativierung des EEG-Signals (N170 bzw. prN170) gefolgt. Allerdings konnten für die N170 bei Personen mit ASS eine Reihe von Abweichungen im Vergleich zur N170 bei nicht-autistischen Personen beobachtet werden.

Beim Betrachten von Objekten und Gesichtern zeigten sich bei normal entwickelten Kindern im Alter von 3 bis 4 Jahren für beide Stimulusklassen gleiche Amplitudenhöhen für die prN170, die Latenzen waren jedoch für Gesichter deutlich kürzer als für Objekte (Webb, Dawson, Bernier, & Panagiotides, 2006). Im Gegensatz dazu evozierten bei gleichaltrigen autistischen Kindern Objekte höhere Amplituden und kürzere Latenzen als Gesichter. Im direkten Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigte sich, dass die Amplituden für Objekte bei den autistischen Kindern höher und die Latenzen für Gesichter länger waren als bei den nicht-autistischen Kindern. In einer Untersuchung von Sechsjährigen fanden sich sowohl für gesunde als auch für autistische Kinder stärkere

Negativierungen für Gesichter als für Objekte (Webb, et al., 2006). Die nicht-autistischen Kinder zeigten zusätzlich auch kürzere Latenzen für Gesichter als für Objekte, während bei den autistischen Kindern die Latenzen für beide Stimuluskategorien gleich waren. Ihre N170 zeigte also keinen Geschwindigkeitsvorteil in der Verarbeitung von Gesichtern.

Andere Studien berichten vergleichbare N170-Ausprägungen für Kinder mit und ohne ASS im Altersbereich von 9 bis 17 Jahren (Gunji, Inagaki, Inoue, Takeshima, & Kaga, 2009; Kemner, Schuller, & van Engeland, 2006).

O'Connor et al. (2005) untersuchten die neurophysikalischen Grundlagen von Emotionsverarbeitung bei Kindern und Erwachsenen mit und ohne Asperger-Syndrom. Während der expliziten Verarbeitung von glücklichen, traurigen, wütenden, ängstlichen und neutralen Gesichtern wiesen die N170-Komponenten bei Erwachsenen mit Asperger-Syndrom längere Latenzen und kleinere Amplituden auf als bei den Personen der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede zeigten sich nicht zwischen den Kindern mit und ohne Autismus. Die Autoren vermuteten eine unvollständige Entwicklung der neuronalen Impulsgeber für die N170 im Kindesalter als Erklärung für ihre Ergebnisse.

Autistische Erwachsene zeigten genauso wie die nicht-autistischen Kontrollpersonen größere Amplituden für Gesichter als für Möbelstücke (McPartland, et al., 2004). Die N170-Latenzen für Gesichter waren in der Autismus-Gruppe länger als in der Kontrollgruppe, während die Latenzen für Objekte in beiden Gruppen gleich waren. Auch die Amplitudenhöhen waren zwischen den Gruppen sowohl für Gesichter als auch für Objekte vergleichbar. Ein Inversionseffekt zeigte sich bei den autistischen Probanden nur auf die Amplitude nicht wie bei den Kontrollpersonen auf beide Eigenschaften der N170.

Unabhängig von Komponenten-Amplituden und -Latenzen wird recht einheitlich für die Topographie des Potentials berichtet, dass diese im Allgemeinen bei autistischen Probanden nicht durch die typische Rechtslateralisierung bei Gesichtern gekennzeichnet ist, sondern sich eher bilateral verteilt (Dawson, Webb, Carver, Panagiotides, & McPartland, 2004; McPartland, et al., 2004; Senju, Tojo, Yaguchi, & Hasegawa, 2005).

Auffälligkeiten in der gesichtsspezifischen N170 finden sich nicht nur bei Personen, die unmittelbar von Autismus betroffen sind. Der Einfluss einer genetischen Komponente auf die neuronale Verarbeitung wird darin deutlich, dass auch die Eltern autistischer Kinder atypische EKPs in Reaktion auf Gesichter zeigen, welche den oben beschriebenen Abweichungen bei autistischen Kindern und Erwachsenen ähneln (Dawson, Webb, & McPartland, 2005).

Die bisherigen Erkenntnisse über die N170 bei Personen mit ASS deuten also ein abweichendes Muster von neuronaler Aktivität an. Die Befunde stützen sich jedoch vornehmlich auf Untersuchungen mit Kindern unter 6 Jahren und Erwachsenen. Es fehlen bislang Daten für den dazwischen liegenden Altersbereich.

Parallel zu den Überlegungen, ob die Entwicklung der N170 auf allgemeine perzeptuelle Reifungsprozesse zurückzuführen ist, zeigen verschiedene Arbeiten mit autistischen Probanden perzeptuelle Abweichungen auf, die völlig unabhängig von sozialen Funktionen sind (für eine Übersicht: Behrmann, Thomas, & Humphreys, 2006; und: Milne & Griffiths, 2007). Eine solch atypische Wahrnehmung lässt sich schon auf sehr frühen Stufen der Verarbeitung für sehr einfache Reize beobachten. Beim Betrachten von Gabor-Mustern mit unterschiedlicher räumlicher Frequenz zeigten sich bei Erwachsenen mit Autismus bereits innerhalb der ersten 90 ms nach Stimulusonset für alle Frequenzen deutlich reduzierte Latenzen in den visuell evozierten Potentialen im Vergleich zu den Kontrollpersonen (Milne, Scope, Pascalis, Buckley, & Makeig, 2009). Diese Auffälligkeiten sind nicht auf sensorische Probleme zurückzuführen, denn mit Ausnahme einiger kleiner Abweichungen zeigen die meisten autistischen Kinder normale Sehschärfe, Akkommodation, Tiefenwahrnehmung (Stereopsis) und Augenbeweglichkeit. Lediglich für die Konvergenz sind Unterschiede zwischen autistischen und nicht-autistischen Probanden bekannt: der Nahpunkt für autistische Kinder lag deutlich weiter weg (Milne, Griffiths, Buckley, & Scope, 2009). Die Befunde deuten an, dass bei Personen mit ASS bei unauffälliger sensorischer Funktion die neuronale Verarbeitung visueller Stimuli abweichend verläuft.

### 3.2.3 Verarbeitungsstile

Der Begriff „Verarbeitungsstil“ kennzeichnet in der Literatur zur Gesichtererkennung, auf welche Weise die einzelnen Bestandteile eines Stimulus, sowie ihre Anordnung und räumlichen Beziehungen enkodiert werden. Unterschieden werden der analytische, der konfigurale und der holistische Verarbeitungsstil.

Bei gesunden Erwachsenen verläuft die Verarbeitung von Gesichtern im Gegensatz zur Objekterkennung vorwiegend konfigural beziehungsweise holistisch, das heißt sie ist stärker an der Anordnung und den proportionalen Beziehungen der Gesichtsmerkmale orientiert als an den Merkmalen selbst. Gleichzeitig gibt es Belege dafür, dass auch die individuellen Merkmale, zum Beispiel die individuellen Augen eines Gesichts, bei der Wiedererkennung von Gesichtern eine Rolle spielen.

### 3.2.3.1 Analytische, holistische und konfigurale Gesichterverarbeitung

#### *Definition der einzelnen Verarbeitungsstile*

Als analytische Verarbeitung wird die auf einzelnen Komponenten des Gesichts basierende Verarbeitung bezeichnet (z.B. Schwarzer & Korell, 2001). Synonym werden die Begriffe „merkmalsbasierte Verarbeitung“ beziehungsweise „piecemeal“ (z.B. Diamond & Carey, 1977) oder „part-based“ (z.B. Farah, Wilson, Drain, & Tanaka, 1998) Verarbeitung verwendet. In der Verarbeitung von Gesichtern zeigt sich ein analytischer Verarbeitungsstil unter anderem darin, dass erwachsene Probanden einzelne Gesichtsmerkmale auch isoliert, also unabhängig von anderen Merkmalen und ihrem eigentlichen Kontext wiedererkennen können (Tanaka & Farah, 1993).

Im Gegensatz zum analytischen Verarbeitungsstil gibt es bisher noch keine Einigung, wie die Natur der konfiguralen Verarbeitung sich am besten definieren lässt. Rhodes (1988) unterschied in seiner Definition konfiguraler Gesichterverarbeitung Eigenschaften erster und zweiter Ordnung („first-“ und „second-order“). Die Eigenschaften erster Ordnung bezeichneten dabei die einzelnen Bestandteile des Gesichts an sich (Augen, Nase, Mund,...) und die Eigenschaften zweiter Ordnung beschrieben die konfiguralen Eigenschaften, nämlich die Anordnung der einzelnen Merkmale und ihre räumlichen Beziehungen zueinander, sowie die Gesichtsform.

Diamond und Carey (1986) verwenden ähnliche Begriffe wie Rhodes, allerdings mit einer anderen Definition dahinter. Die Autorinnen unterscheiden relationale Informationen erster und zweiter Ordnung („first order relational information“ und „second order relational information“). Die relationalen Informationen erster Ordnung umfassen die räumlichen Relationen der einzelnen Teile von Objekten zueinander. Sie sind zum Erkennen fast aller Objekte notwendig. Die relationalen Informationen zweiter Ordnung bezeichnen die räumliche Anordnung der einzelnen Merkmale im Vergleich zum prototypischen Arrangement der Teile. Sie können also nur für Objekte bestehen, deren Teile eine generelle räumliche Konfiguration teilen. Das gilt für Gesichter, in denen immer die Augen über der Nase und die Nase wiederum über dem Mund liegt, aber auch für andere Stimulusklassen, für die Expertisen entwickelt werden.

Farah, Wilson, Drain und Tanaka (1998) prägten den Begriff der holistischen Gesichterverarbeitung. Diese ist charakterisiert durch eine relativ geringe Dekomposition des Stimulus in seine Einzelteile. In Anlehnung an die Gestaltpsychologie werden Gesichter demnach als Ganzes oder auch „template“ wahrgenommen. Merkmalsbasierte Repräsentationen sollen dabei nicht verleugnet werden. Die Autoren nahmen vielmehr an,

dass die Verarbeitung von Gesichtern unproportional mehr holistische Repräsentation einschließt als die Wahrnehmung anderer Stimulusarten.

Schwarzer (1997, 2000) erweiterte die Definition einer holistischen Verarbeitung von Kemler Nelson (1989), die ursprünglich für Objekte formuliert wurde, auf Gesichter. Sie geht von einer ganzheitlichen Verarbeitung des Stimulus aus. Dieser wird hinsichtlich seiner generellen Ähnlichkeit mit einem anderen Stimulus bzw. dessen Repräsentation abgeglichen und nicht anhand isolierter Merkmale. Diese Definition schließt keine Betonung der räumlichen Anordnung oder Konfiguration der einzelnen Gesichtsmerkmale ein.

Maurer, Le Grand und Mondloch (2002) unterschieden schließlich drei Arten konfiguraler Verarbeitung: Bei der Verarbeitung der relationalen Gesichtsinformationen erster Ordnung wird ein Gesicht als solches erkannt, weil die Merkmale in der für ein Gesicht typischen Weise angeordnet sind; Bei der holistischen beziehungsweise ganzheitlichen Verarbeitung fügen sich alle Merkmale des Gesichts in eine Gestalt zusammen und werden nur in Interaktion zueinander verarbeitet; Die Verarbeitung relationaler Gesichtsinformationen zweiter Ordnung berücksichtigt die spezifischen Distanzen zwischen den einzelnen Gesichtsmerkmalen, was das Wiedererkennen individueller Gesichter ermöglicht.

Es wird davon ausgegangen, dass an der Verarbeitung von Gesichtern sowohl analytische als auch holistische oder konfigurale Verarbeitungsprozesse beteiligt sind (z.B. Collishaw & Hole, 2000; Rotshtein, Geng, Driver, & Dolan, 2007; Tanaka & Sengco, 1997). Im Vergleich zur Objekterkennung ist bei der Verarbeitung von Gesichtern jedoch ein konfiguraler beziehungsweise holistischer Verarbeitungsstil vorherrschend. Dieser macht die Verarbeitung besonders effizient und so ist bei Erwachsenen die Fähigkeit, verschiedene Gesichter zu unterscheiden und wiederzuerkennen, beeindruckend gut entwickelt.

### *Erhebungsmethoden*

In der Gesichterforschung haben sich in den letzten Jahrzehnten eine Reihe von Paradigmen zur Überprüfung eines holistischen oder konfiguralen Verarbeitungsstils durchgesetzt. Die wichtigsten sind der Inversionseffekt (disproportionate inversion effect; Yin, 1969), der Composite-Effekt (composite face effect; Young, Hellawell, & Hay, 1987) und der Part-whole-Effekt (Tanaka & Farah, 1993). Sie sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.



*Inversionseffekt.* Der Inversionseffekt beschreibt das erschwerte Wiedererkennen von Gegenständen, die um 180° gedreht betrachtet werden. Während eigentlich alle Stimuli schwerer zu erkennen sind, wenn sie auf dem Kopf stehend präsentiert werden, beeinträchtigt diese Inversion das Erkennen von Gesichtern unproportional stark in Relation zum Erkennen anderer Stimuli wie Häuser oder Flugzeuge (Yin, 1969). Dieser Effekt gilt als absolut robust und wird damit erklärt, dass bei Inversion die konfiguralen Informationen, auf die wir uns in der Gesichterverarbeitung am meisten verlassen, zerstört werden (z.B. Freire, Lee, & Symons, 2000). Bei aufrecht dargebotenen Gesichtern stehen sowohl Informationen über die einzelnen Merkmale als auch konfigurale Informationen erster und zweiter Ordnung sowie die holistische Gestalt des Gesichts zur Verfügung (nach der Definition von Maurer, et al., 2002). Durch Inversion wird die konfigurale Verarbeitung unmöglich, so dass die Enkodierung anhand der einzelnen Merkmale, also analytisch erfolgen muss. Die Verarbeitung von Objekten beruht hingegen schon bei aufrechter Präsentation mehr auf analytischen Verarbeitungsstrategien. Diese ist entsprechend weniger anfällig für den Inversionseffekt.

Die Thatcher Illusion (Thompson, 1980) bildet einen weiteren Beleg für die Störung konfiguraler Information durch die Inversion eines Gesichts. In diesem Paradigma werden einzelne Gesichtsmerkmale beispielsweise die Augen innerhalb eines aufrechten Gesichts um 180° gedreht dargeboten. Diese Veränderung verleiht dem Gesicht ein befremdliches Aussehen, das sofort auffällt. Wird ein solches Gesicht nun invertiert, so verschwindet der Eindruck der Befremdlichkeit.

*Composite-Effekt.* In Untersuchungen zum Composite-Effekt werden Gesichter horizontal in zwei Hälften geteilt. Das Zusammensetzen der Gesichtshälften zweier unterschiedlicher Personen führt zur Wahrnehmung einer anderen neuen Person (Young, et al., 1987). Dies zeigt sich darin, dass es schwerer ist, die Gesichtshälfte einer Person wiederzuerkennen, wenn diese bündig mit einer anderen Gesichtshälfte zusammengesetzt wird (aligned) als wenn sie seitlich versetzt mit einer anderen Hälfte präsentiert wird (misaligned). Diese Schwierigkeiten im Erkennen verschwinden, wenn das Gesicht invertiert dargeboten wird. Die Befunde weisen auf eine automatische perzeptuelle Integration der zwei unterschiedlichen Gesichtshälften in ein neues Gesicht hin, in der die Verarbeitung einzelner Merkmale erschwert ist.

*Part-whole-Effekt.* Tanaka und Kollegen (Joseph & Tanaka, 2003; Tanaka & Farah, 1993) ließen ihre Probanden Gesichter und Häuser von Bildern erlernen. Anschließend wurden Einzelteile aus diesen Bildern präsentiert oder die bekannten Gesichter und

Häuser, in denen einzelne Merkmal ausgetauscht worden waren. Die Probanden konnten Teile von Häusern auch isoliert gut wiedererkennen, aber Teile von Gesichtern nicht, was für eine merkmalsbasierte Verarbeitung der Objekte und eine holistische Verarbeitung der Gesichter sprach. Für die Gesichter galt, dass einzelne Gesichtsbestandteile besser im gewohnten Gesamtkontext des Originalgesichts wieder erkannt wurden als in Isolation, was einen Einfluss konfiguraler Informationen erkennen lässt.

#### *Entwicklung der verschiedenen Verarbeitungsstile*

Die unter 3.2.1.1 beschriebene Gesichterpräferenz bei Neugeborenen ist der früheste Hinweis auf die Verarbeitung relationaler Informationen erster Ordnung (nach der Definition von Maurer, et al., 2002), denn diese Präferenz wird offenbar abhängig von der gesichtstypischen Anordnung von Augen, Nase und Mund geleitet (Johnson, et al., 1991; Morton & Johnson, 1991). Darüber hinaus können Neugeborene schon nach kurzer Zeit das Gesicht der eigenen Mutter von dem anderer Personen unterscheiden (Bushnell, Sai, & Mullin, 1989). Inwiefern dabei relationale Informationen zweiter Ordnung verarbeitet werden oder sich die Kinder an einzelnen Merkmalen orientieren, ist bisher unklar.

Für die ersten Lebensmonate fanden verschiedene Arbeiten sowohl Hinweise auf konfigurale als auch auf analytische Informationsverarbeitung. Cohen und Cason (2001) konnten schon bei Säuglingen ab vier Monaten die Entwicklung einer holistischen Gesichterverarbeitung beobachten. Die Autorinnen untersuchten vier und sieben Monate alte Säuglinge mit dem sogenannten „Switch-Design“ im Habituationsparadigma. Die Säuglinge wurden zunächst an zwei weibliche Gesichter habituiert. In der anschließenden Testphase wurden zu einem der Habituationsgesichter noch ein neues Gesicht und ein Switch-Gesicht präsentiert, das aus den internen Merkmalen des einen und den externen Merkmalen des anderen Habituationsgesichts bestand. Die Kinder schauten länger auf das Switch-Gesicht als auf das Habituationsgesicht, so wie sie es normalerweise mit neuen Gesichtern tun. Da das Switch-Gesicht nur bekannte Merkmale enthielt, sprachen die längeren Blickzeiten der Kinder dafür, dass sie die Merkmale nicht unabhängig vom Gesichtskontext wahrnahmen, sondern zu einem neuen Gesicht integrierten, die Gesichter also holistisch verarbeiteten. Die 4-monatigen Säuglinge zeigten zudem einen Inversionseffekt für Gesichter, der sich bei den sieben Monate alten Säuglingen nicht mehr beobachten ließ.

Einen Wechsel von einer analytischen Gesichterverarbeitung zu einer holistischen im ersten Lebensjahr vermuteten auch Schwarzer, Zauner und Jovanovic (2007), die ebenfalls

im Switch-Design eine analytische Verarbeitung bei acht Monate alten Säuglingen beobachten konnten. Ihre Ergebnisse zeigen, dass Kinder in diesem Alter photorealistische Gesichter konfigural, schematische Gesichter dagegen analytisch verarbeiten.

Im ersten Lebensjahr scheinen Säuglinge also bereits über beide Verarbeitungsstrategien zu verfügen. Ähnliches zeigte sich für Kinder im Vorschulalter. De Heering, Houthuys und Rossion (2007) dokumentierten im Part-whole-Paradigma holistische Gesichtsverarbeitung bei Vierjährigen, und Pascalis, Demont, de Haan und Campbell (2001) konnten bei Fünfjährigen einen Inversionseffekt beobachten. Schwarzer (2002) fand hingegen mit einer Kategorisierungsaufgabe bei 2- bis 5-jährigen Kindern sowohl für Gesichter als auch für Objekte eine Verarbeitungsweise, die sich an einzelnen Merkmalen orientierte. Mit demselben Paradigma ließ sich auch für drei- bis siebenjährige Kinder das Vorherrschen eines analytischen Verarbeitungsstils dokumentieren (Schwarzer & Korell, 2001). Altersunterschiede zeigten sich in dieser Arbeit nur darin, wie konsequent die Kinder die Fokussierung einzelner Merkmale vorgenommen hatten und welche Gesichtsmerkmale der analytischen Verarbeitung dienten. Mondloch, Leis und Maurer (2006) stellten zudem fest, dass Vierjährige Gesichter, bei denen die Abstände der einzelnen Merkmale zueinander verändert wurden, nicht auseinanderhalten konnten. Die Kinder zeigten also keine Verarbeitung der Relationen zweiter Ordnung. Insgesamt wird somit von einem Übergang von einer vorwiegend konfiguralen Verarbeitungsweise im Säuglingsalter zu einer überwiegend analytischen Verarbeitung im Kleinkind- und Vorschulalter ausgegangen (z.B. Schwarzer & Zauner, 2003).

Bei Kindern ab dem Grundschulalter beobachtete Schwarzer (1997, 2000) mit der Kategorienlernaufgabe einen klaren Entwicklungsverlauf von einer analytischen hin zu einer holistisch Verarbeitung von Gesichtern, im Sinne einer Gesamtähnlichkeit: während sich Sechsjährige an einzelnen Merkmalen orientierten, erhöhte sich der Anteil der holistischen Kategorisierungen bei den 10-Jährigen bis hin zu einer Dominanz dieses Verarbeitungsstils bei Erwachsenen. Dabei ließ sich in allen Altersgruppen auch bei Probanden mit einer analytischen Verarbeitungsstrategie in den Reaktionszeiten ein gewisser holistischer Einfluss erkennen. Auch Diamond und Carey (Carey & Diamond, 1977; Carey, Diamond, & Woods, 1980) vermuteten zunächst einen Übergang von der analytischen zur konfiguralen Verarbeitung im Alter von ca. 10 Jahren, denn in ihren Untersuchungen zeigten sechs- bis achtjährige Kinder keinen Inversionseffekt, 10-jährige Kinder aber schon. Zudem ließen sich Kinder zwischen sechs und acht Jahren durch das Hinzufügen von Accessoires wie Brillen oder Hüte zu den Stimulusgesichtern irreführen,

Kinder ab 10 Jahren aber nicht mehr (Carey & Diamond, 1977). Diese Befunde einer vorwiegend analytischen Verarbeitung bei Kindern unter 10 Jahren wurden von anderen Autoren mit einem Bodeneffekt erklärt. Die Aufgaben seien für die Kinder zu schwer gewesen, weil die verwendeten Gesichter sehr ähnlich gewesen seien. Tatsächlich fanden sich nach Erleichterung der Aufgabe auch Inversionseffekte bei Kindern unter 10 Jahren (Flin, 1985; Young & Bion, 1980, 1981), und Flin (1985) demonstrierte, dass auch 6-jährige Kinder zugefügte Accessoires ignorieren konnten, wenn sich die Gesichter nur deutlich genug voneinander unterschieden.

Auch Pascalis, Demont, de Haan und Campbell (2001) dokumentierten einen Inversionseffekt für Kinder zwischen 5 und 10 Jahren, und Carey und Diamond (1994) fanden bei 6- bis 10-jährigen Kindern einen Einfluss konfiguraler Informationen in Form längerer Reaktionszeiten im Composite-Effekt. Des Weiteren zeigten sich im Part-whole-Paradigma bei 6- bis 10-jährigen Kindern Hinweise auf eine holistische Enkodierung (Tanaka, Kay, Grinnell, Stansfield, & Szechter, 1998): beim Wiedererkennen einzelner Gesichtsmerkmale zeigte sich ein Vorteil für die Darbietung innerhalb des Gesichts gegenüber einer isolierten Präsentation.

Es lässt sich also festhalten, dass Kinder Gesichter zwar weniger effizient enkodieren als Erwachsene, sich ihre Verarbeitungsstile jedoch nicht wesentlich von denen der Erwachsenen unterscheiden: für alle Altersgruppen vom Säugling bis zum Erwachsenen konnten Hinweise sowohl auf merkmalsbasierte als auch auf konfigurale und holistische Verarbeitungsweisen gefunden werden. Diese seien jedoch noch fehleranfälliger und reifen langsamer (Mondloch, Geldart, Maurer, & Le Grand, 2003; Mondloch, Le Grand, & Maurer, 2002). Daher wird angenommen, dass der Entwicklungsverlauf weniger von qualitativen als von quantitativen Veränderungen geprägt ist und mit zunehmendem Alter der Kinder der konfigurale / holistische Verarbeitungsstil dominanter wird.

### **3.2.3.2 Autismusspezifische Abweichung**

Die Dominanz eines konfiguralen Verarbeitungsstils, die bei gesunden Kindern und Erwachsenen die Gesichterverarbeitung prägt, scheint bei Personen mit ASS nicht in vergleichbarem Maße aufzutreten. Hobson, Ouston und Lee (1988) waren die ersten, die diese Abweichungen dokumentierten. Sie beobachteten, dass autistische Jugendliche und Erwachsene die Identität und den emotionalen Gesichtsausdruck von invertierten Gesichtern besser zwischen verschiedenen Gesichtern abgleichen konnten als die nicht-autistischen Personen der Kontrollgruppe. Dieser Befund wies darauf hin, dass die

autistischen Probanden weniger anfällig für den Inversionseffekt waren, sich also bei der Verarbeitung weniger auf konfigurale Strategien verließen. Die Verfolgung der Blickbewegung mittels Eye-tracker ergab, dass nicht-autistische Kinder bei invertierten Gesichtern weniger Fixierung als bei aufrechten Gesichtern zeigten, invertierte Gesichter also weniger salient waren als aufrechte Gesichter, während bei den autistischen Kindern die Fixationszeiten nicht von der Orientierung des Stimulusgesichts beeinflusst wurden (van der Geest, Kemner, Verbaten, et al., 2002). Für autistische Kinder im Vorschulalter konnte zudem die Tendenz beobachtet werden, in aufrechten und gedrehten Gesichtern dieselben Merkmale zu betrachten (Falck-Ytter, 2008). Dennoch gab es auch Studien, die einen normalen Inversionseffekt für Jugendliche (Teunisse & de Gelder, 2003) und Erwachsene (Lahaie, et al., 2006) mit ASS verzeichneten. In beiden Arbeiten war dieser jedoch nur eingeschränkt als Hinweis für konfigurale Verarbeitung zu interpretieren. So fand sich bei den autistischen Jugendlichen zwar ein Inversionseffekt, dafür aber kein Composite-Effekt (Teunisse & de Gelder, 2003) und die autistischen Erwachsenen zeigten trotz des Inversionseffekts mehr Priming für einzelne Gesichtsmerkmale als die Kontrollpersonen (Lahaie, et al., 2006). Rouse, Donnelly, Hadwin und Brown (2004) beobachteten in ihrer Studie hingegen, dass die autistischen Kinder ohne Einschränkung genauso anfällig für die Thatcher Illusion waren wie die nicht-autistischen Kinder.

Neben diesen Befunden im Inversionsparadigma, legten auch Studien im Part-whole-Paradigma eine vorwiegend analytische Gesichterverarbeitung bei Personen mit ASS nahe (z.B. Lopez, Donnelly, Hadwin, & Leekam, 2004). So machten autistische Erwachsene mehr Fehler bei einer Aufgabe, in der einzelne Gesichtsmerkmale im Kontext eines gesamten Gesichts wiedererkannt werden sollten, aber nicht wenn die Merkmale isoliert dargeboten wurden (Teunisse & de Gelder, 2003). Auch bei Wallace, Coleman, Pascalis und Bailey (2006) waren die Probanden mit ASS schneller im Erkennen einer Blickrichtung, wenn diese in einem isoliert präsentierten Augenpaar dargeboten wurde, als im Kontext des gesamten Gesichts. Den nicht-autistischen Probanden fiel es hingegen leichter, die Blickrichtung im vollständigen Gesicht zu erkennen.

Abgesehen von den klassischen Paradigmen zur Untersuchung konfiguraler und holistischer Verarbeitungsmechanismen ergaben auch andere methodische Ansätze Hinweise auf eine analytisch geprägte Verarbeitung von Gesichtern bei autistischen Personen. In einer Untersuchung von Wallace, Coleman und Bailey (2008a) sollten Erwachsene mit und ohne ASS Gesichter und Autos wiedererkennen. Eine holistische Verarbeitung wurde dabei durch ultrakurze Darbietungszeiten von 40 ms angesprochen.

Für die Untersuchung der konfiguralen Verarbeitung (nach der Definition von Maurer, et al., 2002) wurden die Abstände der einzelnen Stimulusmerkmale zueinander verändert. Die autistischen Probanden zeigten Verarbeitungsdefizite in beiden Aufgabentypen, allerdings nur für die Verarbeitung von Gesichtern, nicht bei der von Objekten. Auch in Studien, in denen Gesichter nach ihrer Identität oder dem Gesichtsausdruck klassifiziert werden sollten, zeigten autistische Kinder (Deruelle, et al., 2008) wie Erwachsene (Riby, Doherty-Sneddon, & Bruce, 2009) eine Präferenz für lokale Informationen.

Die Literatur dokumentiert also insgesamt recht einheitlich, dass die Verarbeitung von Gesichtern bei autistischen Kindern und Erwachsenen überwiegend analytisch verläuft. Es ist wahrscheinlich, dass dies auf die autismustypische Schwäche in der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz zurückzuführen ist, wie sie von Happé und Frith (2006) formuliert wurde. Tatsächlich nutzten autistische Kinder auch in der Verarbeitung von Mustern Gestalt-Gruppierung signifikant weniger als die nicht-autistischen Kontrollkinder (Brosnan, et al., 2004). Gleichzeitig zeigten auch autistische Erwachsene einen Bias zu lokalen Informationen in Aufgaben mit geometrischen Figuren und hierarchisch zusammengesetzten Buchstaben (Behrmann, Avidan, et al., 2006). Dass es sich bei der Verwendung analytischer Verarbeitungsstrategien um einen Bias zu lokalen Details handelt, nicht aber um das völlige Fehlen holistischer Verarbeitungsstrategien, zeigen zum einen die Studien, die zum Beispiel einen Inversionseffekt für Gesichter bei autistischen Personen fanden (z.B. Lahaie, et al., 2006; Teunisse & de Gelder, 2003). Zum anderen konnten Mottron, Burack, Stauder und Robaey (1999) in einer Studie zur Verarbeitung von Objekten und Mustern demonstrieren, dass die holistische Verarbeitung bei den untersuchten autistischen Kindern generell intakt war.

Im Zuge der Untersuchung von Gesichterverarbeitungsstilen bei Personen mit und ohne ASS trat schließlich noch ein weiterer deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen hervor: in experimentellen Bedingungen, die einen analytischen Verarbeitungsstil erforderlich machten, fokussierten autistische und nicht-autistische Personen bei der Verarbeitung von Gesichtern auf unterschiedliche Regionen des Gesichts.

Langdell (1978) beobachtete, dass gesunde Kinder die Identität eines Gesichts besser anhand der oberen Hälfte des Gesichts erkennen konnte als anhand der unteren Hälfte. Für die autistischen Kinder war in dieser Aufgabe hingegen die untere Gesichtshälfte hilfreicher. Gross (2004) bestätigte dieses Ergebnis auch für das Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken. Die autistischen Kinder der Studie richteten zum Erkennen des Gesichtsausdrucks ihre Aufmerksamkeit verstärkt auf die untere Hälfte der

Gesichter. Im zweiten Teil des Experiments erkannten die Kinder der Kontrollgruppe emotionale Gesichtsausdrücke besser im kompletten Gesicht als in einer einzelnen Gesichtshälfte. Für diese Kinder war also der holistische Verarbeitungsstil effektiver zum Lösen der Aufgabe. Für die autistischen Kinder zeigte sich indessen weder eine Bevorzugung des gesamten Gesichts noch einer der Gesichtshälften, also keine Dominanz eines bestimmten Verarbeitungsstils. Für die obere Gesichtshälfte allein lagen die Leistungen der autistischen Kinder allerdings nur im Bereich der Ratewahrscheinlichkeit. Der Gesichtsbereich um die Augen konnte den autistischen Kindern also nicht als effektiver Informationsträger dienen. Eine Reihe anderer Studien bestätigte, dass Kinder und Erwachsene mit ASS weniger die Augenregion zum Informationsgewinn nutzen und sich mehr auf die Informationen aus der Mundregion verlassen (Joseph & Tanaka, 2003; Riby, et al., 2009; Spezio, Adolphs, Hurley, & Piven, 2007a; Wolf, et al., 2008). Gestützt werden diese Befunde auch von Studien, die die Blickbewegung beim Betrachten von Gesichtern mit Hilfe eines Eye-trackers dokumentierten. Demnach zeigten Erwachsene mit ASS mehr Sakkaden und längere Fixierungszeiten auf den Mund als die Augen (Klin, et al., 2002b; Spezio, Adolphs, Hurley, & Piven, 2007b). Bei Hernandez et al. (2009) blickten zwar Erwachsene mit und ohne ASS länger auf die Augenpartie als den Rest des Gesichts, Personen mit ASS richteten ihren Blick aber insgesamt nicht so lange auf die Augenregion wie die Kontrollpersonen. Zudem begannen die Probanden der Kontrollgruppe ihre Exploration immer bei dem Auge, das im contra-lateralen visuellen Feld zu ihrem eigenen dominanten Auge lag. Diese Strategie zeigten Personen mit ASS nicht. Ähnliches belegten Rutherford und Towns (2008) zum Erkennen von Gesichtsausdrücken, die einfache oder komplexe Emotionen transportierten. Erwachsene mit und ohne ASS sahen länger auf die Augen- als die Mundregion und unterschieden sich auch nicht in ihren Gesamtblickzeiten auf die Augen. Nur bei komplexen Emotionen sahen die autistischen Probanden weniger auf die Augen als die Probanden der Kontrollgruppe.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Gesichterverarbeitung bei normaler Entwicklung vom Vorherrschen eines konfiguralen oder holistischen Verarbeitungsstils geprägt ist und dass dies eine der Besonderheiten der Gesichterverarbeitung darstellt. Im Gegensatz dazu ist für autistische Kinder und Erwachsene heute gut belegt, dass sie einer Neigung zu analytischer Verarbeitung visueller Stimuli unterliegen (Happé & Frith, 2006). Dieser macht sich auch in der Verarbeitung von Gesichtern bemerkbar, denn Personen mit ASS zeigen im Allgemeinen kein Vorherrschen eines konfiguralen oder holistischen

Verarbeitungsstils bei der Verarbeitung von Gesichtern. Sie greifen somit nicht auf die Verarbeitungsstile zurück, die die Gesichterverarbeitung besonders effektiv und schnell machen. Gestützt wird dieser Eindruck tiefgreifender Unterschiede in den Verarbeitungsweisen auch durch den Befund, dass Personen mit ASS vorwiegend andere Merkmale des Gesichts als Personen ohne ASS fokussieren. Kinder und Erwachsene mit ASS entwickeln also nicht dieselbe Spezialisierung in den Verarbeitungsstilen für Gesichter wie Personen ohne ASS.

### **3.2.4 Verarbeitung verschiedener Informationen aus Gesichtern**

Das menschliche Gesicht stellt eine Fülle von Informationen zur Verfügung, zum Beispiel über das Alter, Geschlecht und die Identität einer Person, aber auch darüber, wie sich diese Person fühlt oder wofür sie sich gerade interessiert. Der Mensch entwickelt im Laufe seines Lebens eine hohe Kompetenz darin, all diese Informationen blitzschnell, automatisch und mühelos aufzunehmen und zu verarbeiten. Der folgende Abschnitt skizziert zunächst kurz die Entwicklung der Verarbeitung einzelner und mehrerer Informationen aus Gesichtern, insbesondere der Identität und des emotionalen Ausdrucks, und stellt anschließend zwei Modelle zur Erklärung komplexer Gesichterverarbeitung vor.

#### **3.2.4.1 Verarbeitung einzelner Gesichtsinformationen**

Die Fähigkeit, Gesichtern verschiedene Informationen zu entnehmen, lässt sich schon in den ersten Lebensmonaten gut beobachten. Bereits im Alter von 3 Monaten zeigten Säuglinge beispielsweise die Fähigkeit weibliche und männliche Gesichter zu unterscheiden. Die Kinder bevorzugten dabei im Allgemeinen weibliche Gesichter gegenüber männlichen. Die wenigen Kinder, die hauptsächlich von ihren Vätern betreut wurden, bevorzugten hingegen männliche Gesichter (Quinn, Yahr, Kuhn, Slater, & Pascalis, 2002).

In Bezug auf die Identität einer Person sind sogar schon für Neugeborene gewisse Fähigkeiten, Personen zu unterscheiden, beobachtet worden: diese zeigen sich in Form einer Präferenz für das Gesicht der Mutter, die auch dann Bestand hat, wenn olfaktorische und stimmliche Hinweise, die normalerweise mit dem Erscheinen der Mutter einhergehen, kontrolliert werden (z.B. Bushnell, et al., 1989). Allerdings konnten die Neugeborenen die Mutter nicht von anderen Personen unterscheiden, wenn sie ein Kopftuch trugen, so dass davon ausgegangen werden muss, dass sich Neugeborene bei der visuellen Unterscheidung ihrer Mutter von anderen Personen nicht an den inneren, sondern vornehmlich an den



äußeren Merkmalen orientieren (Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle, & Fabregrenet, 1995). Eine gesicherte Unterscheidung von aufrechten Gesichtern tritt bei Säuglingen im Alter von 5 bis 6 Monaten auf und wird offenbar von Mädchen leichter erreicht (Fagan, 1972; Übersicht bei: Nelson, 2001). Obwohl die Entwicklung der Gesichtserkennung zwischen dem zweiten und fünften Lebensjahr kaum dokumentiert ist, wird angenommen, dass sich in dieser Zeit die Fähigkeit, Gesichter wiederzuerkennen im Vergleich zum Säuglingsalter deutlich verbessert. Brace et al. (2001) stellten in ihrer Arbeit fest, dass ungefähr 65% der Kinder zwischen zwei und vier Jahren ein im Bilderbuch gelerntes Gesicht anschließend aus einer kleinen Gruppe von Gesichtern wiedererkennen konnten. Ab dem Alter von fünf Jahren erzielten die Kinder dabei eine Trefferquote von 100%. Auch andere Arbeiten bestätigen, dass Kinder ab einem Alter von fünf bis sechs Jahren Gesichter, die zuvor fremd waren und im Rahmen eines Experiments erst kennengelernt wurden, gut wiedererkennen können (z.B. Pascalis, Rotsaert, & Want, 2005). Im Altersbereich von 7 bis 10 Jahren lässt sich die Verbesserung der Fähigkeit Gesichter wiederzuerkennen insbesondere an zunehmend schnelleren Reaktionszeiten verfolgen (De Sonneville, et al., 2002). Eine Übersicht für diesen Altersbereich findet sich bei Pascalis, Rotsaert und Want (2005). Ab einem Alter von 12 Jahren wird das Erkennen von Gesichtern als so gut wie bei Erwachsenen eingestuft, wenngleich sie in diesem Alter im Allgemeinen noch langsamere Reaktionszeiten zeigen (Carey, et al., 1980).

Rotshtein, Geng, Driver und Dolan (2007) arbeiteten heraus, dass das Erkennen der Identität eines Gesichts stark mit konfiguralen Verarbeitungsprozessen zusammenhängt. Das Urteil, ob zwei aufeinanderfolgende Bilder dieselbe Person zeigten, wurde in ihrer Studie zwar in erster Linie durch die Bestandteile des Gesichts dominiert, aber auch räumliche Beziehungen zweiter Ordnung trugen einen wichtigen Teil bei: die Wiedererkennensleistung der Probanden korrelierte deutlich mit Veränderungen in der räumlichen Beziehung der Gesichtsbestandteile. Eine solche Abhängigkeit der Personenidentifikation von konfiguraler Verarbeitung erklärt, dass die Fähigkeit, zuverlässig die Identität eines Gesichts zu erkennen, erst mit Reifung der konfiguralen Gesichterverarbeitung erreicht werden kann. Gestützt wird diese Vermutung einer ganzheitlichen Identitätserkennung von der Beobachtung, dass Erwachsene ein Gesicht bereits dann sicher wiedererkennen, wenn die experimentelle Bedingung nur eine einzige Fixierung auf das Gesicht zulässt (Hui-wen Hsiao & Cottrell, 2008). Die Leistungen konnten durch eine zweite Fixierung noch etwas erhöht werden, verbesserten sich jedoch mit noch mehr zugelassenen Fixierungen nicht weiter. Die beiden nötigen Fixierungen

wurden leicht links von der Mitte der Nase gemacht, so dass die Autoren diesen Punkt als den optimalen Blickpunkt zum Erkennen von Identität vermuten. Die Fixierungen, die zum Erlernen der Gesichter gemacht wurden, betrafen andere Bereiche des Gesichts und waren von längerer Dauer, was darauf hinweist, dass das Lernen und Abrufen von Gesichtern unterschiedliche Strategien erfordert. Auch für Kindern im Alter von 6 bis 8 und 9 bis 10 Jahren bestätigte sich die Region um die Augen und die Nase als zentral für die holistische Verarbeitung von Gesichtern (Schwarzer, Huber, & Dummler, 2005). In der Aufzeichnung ihrer Blickbewegungen wurde diese Region bei holistischer Verarbeitung am meisten und längsten fixiert. Kinder, die die Identität eines Gesichts mit analytischer Strategie verarbeiteten, fokussierten ihren Blick hingegen auf einzelne Merkmale.

Zum Verständnis emotionaler Gesichtsausdrücke wird recht übereinstimmend angenommen, dass Säuglinge ab dem dritten Lebensmonat beginnen, diese zu unterscheiden: Im Alter von 3 Monaten können Kinder Freude von Überraschung unterscheiden, aber nicht Freude von Trauer (Youngbrowne, Rosenfeld, & Horowitz, 1977). Im Alter von 4 bis 5 Monaten entwickeln sich dann Unterscheidungsfähigkeiten für Freude, Ärger und neutralen Ausdruck (Labarbera, Izard, Vietze, & Parisi, 1976), sowie Trauer und Furcht (Schwartz, Izard, & Ansul, 1985).

Die Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke richtig zu erkennen und zu verstehen, entwickelt sich in Kindheit und Adoleszenz kontinuierlich. In Verhaltensstudien lässt sich dies an wachsender Lösungsgenauigkeit und schnelleren Reaktionszeiten festmachen. Die Entwicklung variiert dabei je nach Emotion wobei sich das Erkennen glücklicher Ausdrücke als erstes entwickelt, gefolgt von traurigen und wütenden und schließlich ängstlichen und überraschten Ausdrücken (Herba & Phillips, 2004).

Für soziale Interaktionen wie beispielweise die geteilte Aufmerksamkeit im Kleinkindalter ist auch die Blickrichtung des Interaktionspartners von Bedeutung. Diese gibt Aufschluss über das aktuelle Interesse und somit auch über die Intentionen des Gegenübers und hilft somit, die andere Person besser zu verstehen. Bereits bei Neugeborenen wurde beobachtet, dass diese präferiert Gesichter ansahen, deren Blick direkt in ihre Richtung gerichtet war (Farroni, et al., 2006). Im EGG zeigten sich bei 4 Monate alten Säuglingen für Gesichter mit direktem Blick größere EKP-Amplituden als für Gesichter mit abgewandtem Blick (Johnson & Farroni, 2003). Zur Untersuchung der Verhaltensreaktionen von Säuglingen auf die Blickrichtung einer anderen Person, baut im Allgemeinen die Mutter den Blickkontakt mit ihrem Kind auf und wendet ihn dann ab. Ab einem Alter von 3 bis 6 Monaten sind Säuglinge bereits in der Lage, dem Blick der Mutter

zu folgen, wenn das Abwenden der Augen auch durch eine Kopfdrehung begleitet wird (Scaife & Bruner, 1975). Eine Reaktion auf die Blickveränderung allein ist erst ab einem Alter von 14 bis 18 Monaten zu beobachten (Moore & Corkum, 1998).

#### **3.2.4.2 Verarbeitung mehrerer Gesichtsinformationen**

Alle Informationen, die das menschliche Gesicht bereit stellt, können vom Betrachter innerhalb weniger Millisekunden mühelos wahrgenommen, verarbeitet und integriert werden. Doch wie wird das gesichterverarbeitende System mit dieser Informationsflut fertig? Denkbar wären dafür parallele, serielle aber auch eine ineinandergreifende Verarbeitung der verschiedenen Informationen.

Die Ergebnisse zur gleichzeitigen Verarbeitung mehrerer Informationen sind gemischt und teilweise gegenläufig. Jüngere Kinder gelten als allgemein schlecht darin, Identitäten unabhängig von Veränderungen in der Orientierung eines Gesichts, den Belichtungsverhältnissen oder dem emotionalen Ausdruck zu erkennen (Bruce, et al., 2000; H. D. Ellis, 1992). Gleichzeitig konnten Säuglinge, nachdem sie an ein Gesicht in verschiedenen Ansichten und verschiedenen Emotionen habituiert waren, das Gesicht auch in einer neuen Position erkennen (Pascalis, de Haan, Nelson, & de Schonen, 1998). In einer Studie, in der Gesichter entweder nach dem emotionalen Ausdruck oder nach ihrer Blickrichtung sortiert werden sollten, wurden emotionsbasierte Entscheidungen schneller getroffen als blickrichtungs-basierte Entscheidungen (Graham & LaBar, 2007). Dies deutet eine serielle Verarbeitung dieser beiden Informationen dahingehend an, dass der emotionale Ausdruck eines Gesichts früher als die Blickrichtung verarbeitet wird.

Spangler, Schwarzer, Korell und Maier-Karius (2010) konnten nachweisen, dass Kinder zwischen 5 und 11 Jahren genauso wie Erwachsene die Identität eines Gesichts unabhängig von Sprechmimik und Blickrichtung verarbeiten können, während umgekehrt die Verarbeitung von Sprechmimik durch die Identität des Gesichts beeinflusst wurde. Das Sortieren nach Blickrichtung war unbeeinflusst von der Identität. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass manche Informationen die Verarbeitung anderer Informationen beeinflussen und manche nicht.

Studien, die sich mit der gemeinsamen Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck eines Gesichts befassten, lieferten sowohl Hinweise darauf, dass diese beiden Dimensionen unabhängig voneinander verarbeitet werden, als auch darauf, dass sie miteinander interagieren (z.B. Odom & Lemond, 1974; Young, McWeeny, Hay, & Ellis, 1986). In verschiedenen Studien waren die Probanden in der Lage, ihre Aufmerksamkeit

selektiv entweder auf die Identität oder den emotionalen Ausdruck zu lenken, also die beiden Dimensionen unabhängig zu verarbeiten (z.B. Calder, Young, Keane, & Dean, 2000; Etcoff, 1984). Es finden sich aber auch Hinweise darauf, dass die Verarbeitung von Identität schneller als die von Emotion verläuft. In einer Arbeit von De Sonnevile et al. (2002) waren die Probanden nicht nur im Erkennen von Gesichtern schneller als im Erkennen des emotionalen Ausdrucks, sondern ordneten Gesichter auch schneller anhand ihrer Identität als anhand des emotionalen Ausdrucks zu.

Im Säuglings- und im Kleinkindalter deuten mehrere Befunde auf eine abhängige Verarbeitung der Identität vom emotionalen Ausdruck hin (Pascalis, et al., 1998; Turati, Sangrigoli, Ruel, & de Schonen, 2004): die Vertrautheit eines Gesichts scheint die Unterscheidung von Emotionsausdrücken zu erleichtern (Kahana-Kalman & Walker-Andrews, 2001), wenn der Ausdruck also vom Gesicht der Mutter abgelesen werden soll im Vergleich zum Gesicht einer fremden Person (Montague & Walker-Andrews, 2002). Vuilleumier und Pourtois (2007) erklärten einen solchen Einfluss emotionaler Informationen auf die Gesichtsverarbeitung mit einem bestimmten Muster neuronaler Aktivierung. Sie fanden bei Erwachsenen beim Betrachten ängstlicher Gesichter eine verstärkte neuronale Aktivierung im gesichtsspezifischen Gyrus fusiformis. Diese Aktivierung wurde vermutlich durch eine Feedback-Verbindung mit der Amygdala moduliert, welche allgemein mit der Verarbeitung von Angst in Verbindung gebracht wird (Whalen, et al., 1998).

Eine Reihe von Studien geben Anlass zu der Vermutung, dass Identität und emotionaler Ausdruck in asymmetrischer Weise interagieren. Schweinberger und Soukup (1998) ließen Erwachsene Gesichter entweder nach ihrem emotionalen Ausdruck oder nach der Identität klassifizieren. Dabei sollten die Variationen in der jeweils irrelevanten Dimension nicht beachtet werden. Die Probanden verarbeiteten die Identität, ohne sich von Veränderungen des Gesichtsausdrucks ablenken zu lassen, die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks wurde hingegen durch Variation der Identität gestört. Die Autoren replizierten dieses asymmetrische Muster später (Schweinberger, Burton, & Kelly, 1999) und zeigten zusätzlich, dass es sich nicht durch schnellere Verarbeitung von Identität erklären lässt: selbst wenn die Unterscheidung der verschiedenen Identitäten schwerer war als die der verschiedenen emotionalen Ausdrücke, zeigte sich das asymmetrische Verarbeitungsmuster.

Diese Asymmetrie ließ sich auch mit anderen Methoden wie Priming-Effekten nachweisen (Campbell & De Haan, 1998; A. W. Ellis, Young, & Flude, 1990; Herzmann, Schweinberger, Sommer, & Jentsch, 2004; Kaufmann & Schweinberger, 2004).

Spangler et al. (2010) übernahmen die Methode von Schweinberger und Soukup (1998) und replizierten die Ergebnisse bei Erwachsenen und bei Kindern im Alter von 5 bis 6 und 9 bis 10 Jahren (s.o.). In allen Altersgruppen fand sich dasselbe asymmetrische Verarbeitungsmuster von Identität und emotionalem Ausdruck. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gesichterverarbeitung bei Kindern und Erwachsenen sowohl unabhängige als auch abhängige Strategien beinhaltet und dass diese schon früh agieren ohne eine qualitative Veränderung im Laufe der Entwicklung.

### 3.2.4.3 Modelle der Gesichterverarbeitung

Einen erheblichen Beitrag zum Verständnis der Verarbeitung der unterschiedlichen Informationen eines Gesichts leistete die Prosopagnosieforschung. Prosopagnosie (von griechisch: „*Prosopon*“: das Gesicht und „*Agnosia*“: das Nichterkennen) beschreibt eine selektive Verschlechterung der Fähigkeit, Gesichter zu identifizieren, während andere Gegenstände normal erkannt werden (Bobes, et al., 2003; Damasio, Tranel, & Damasio, 1990; Yovel & Duchaine, 2006). Obwohl bei Prosopagnosie die Identität einer Person anhand ihres Gesichts schlechter erfasst werden kann, wird der emotionale Gesichtsausdruck richtig erkannt und verstanden (de Gelder, Frissen, Barton, & Hadjikhani, 2003). Diese Beobachtung gibt eindeutige Hinweise auf eine getrennte Verarbeitung von Identität und emotionalem Gesichtsausdruck und war ein Meilenstein in der Entwicklung von Gesichtsverarbeitungsmodellen.

#### *Das Modell von Bruce & Young (1986)*

Auf Basis einer Vielzahl empirischer und vor allem neuropathologischer Befunde entwickelten Bruce und Young (1986) ein theoretisches Modell zum Wiedererkennen bekannter Gesichter.

Als visueller Input gilt in diesem Modell die Momentaufnahme eines Gesichts, geprägt vom Ansichtswinkel des Gesichts, von Belichtungsverhältnissen aber auch der räumlichen und emotionalen Situation der Begegnung. Die erste Stufe des Modells ist die strukturelle Enkodierung (vgl. Abbildung 3). Darin wird die eingefangene Momentaufnahme des Gesichts in einzelne perspektivenzentrierte Informationskomponenten zerlegt, zum Beispiel in Perspektiveninformationen, einzelne

Gesichtsmerkmale oder die globale Konfiguration. Einige dieser Informationen sind für die Verarbeitung varianter Dimensionen des Gesichts wie Sprechmimik und emotionaler Ausdruck relevant. Die mehr abstrakten Informationen, zum Beispiel über die Merkmalskonfiguration, werden in sogenannten Face recognition units (FRU) weiterverarbeitet und dienen dem Erkennen der Identität. Auf dieser Verarbeitungsstufe findet ein Abgleich des Inputs mit abgespeicherten Repräsentationen des Gesichts der betrachteten Person statt.

Die FRU-Einheiten haben Zugang zu identitätsspezifischen semantischen Knoten. Diese sind Teil des Kognitiven Systems und beinhalten faktisches Wissen über die betrachtete Person. Die Autorinnen nehmen an, dass es für jede dem Betrachter bekannte Person einen solchen Knoten gibt.

Nicht nur Gesichter, sondern auch Stimmen, ein Name oder andere äußere Merkmale des Erscheinungsbildes einer Person wie ihre Kleidung können die identitätsspezifischen semantischen Knoten ansprechen.

Das Modell von Bruce und Young beschreibt also die Verarbeitung von varianten Informationen wie des emotionalen Ausdrucks und der Sprechmimik und die der invarianten Informationen wie der Identität eines Gesichts als parallele und voneinander unabhängige Prozesse. Alle Verarbeitungsschritte des Modells laufen jedoch schließlich im kognitiven System zusammen. Unter diesem Begriff ist in diesem Zusammenhang vor allem das semantische und assoziative Gedächtnis, aber auch die Aufmerksamkeitssteuerung gemeint. Ist beispielsweise das betrachtete Gesicht unbekannt, wird von dieser Instanz die Aufmerksamkeit zum eingehenden Studium der Identität oder der Emotion auf das Gesicht gelenkt.

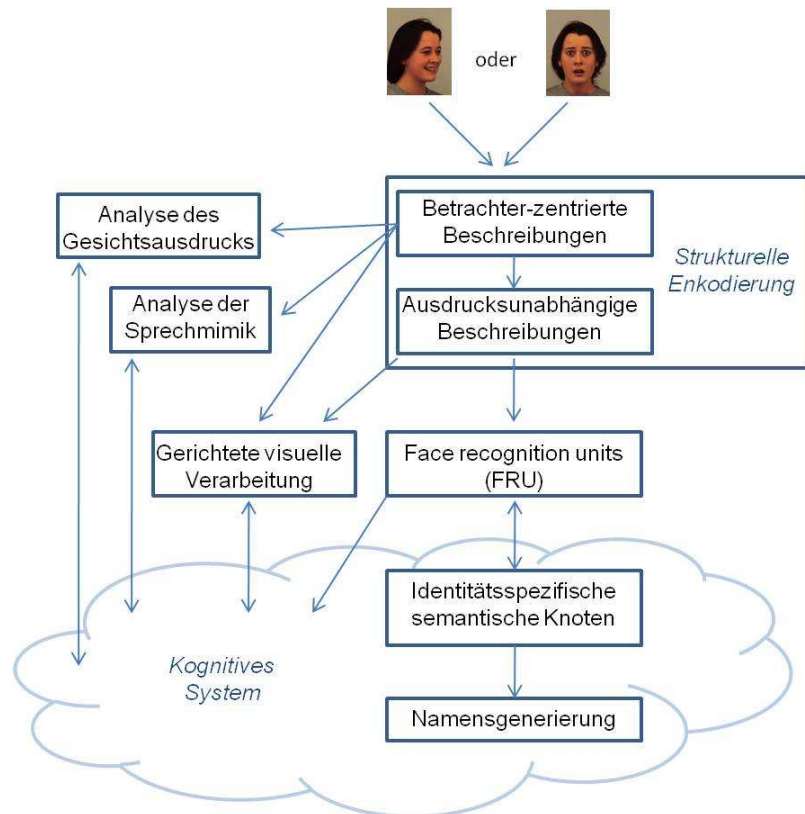


Abbildung 3. Theoretisches Modell der Gesichtserkennung nach V. Bruce und A. Young (1986). *Understanding face recognition. Br J Psychol*, 77 ( Pt 3), 305-327.

Das Modell findet in der vorliegenden Form durch empirische Studien nicht nur Bestätigung, sondern wird auch immer wieder in Zweifel gezogen. Insbesondere die Befunde einer asymmetrisch abhängigen Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck stellen die postulierte unabhängige Verarbeitung immer wieder in Frage (z.B. Schweinberger, et al., 1999; Schweinberger & Soukup, 1998; Spangler, et al., 2010).

In einer Übersichtsarbeit fasste Vuilleumier (Vuilleumier, 2002) eine Reihe von Studien zusammen, die zeigten, dass emotionale Gesichtsausdrücke Aufmerksamkeit eher hervorrufen als neutrale Gesichter, vor allem wenn sie einen Furchtbezug (Angst oder Wut) haben. So steht zu vermuten, dass emotionale Aspekte in Gesichtern zumindest teilweise vor bestimmten Stufen der Erkennung verarbeitet werden und Aufmerksamkeit so zugunsten emotional salienter Stimuli moduliert wird. Auch Whalen et al. (1998) fanden Hinweise darauf, dass der emotionale Ausdruck eines Gesichts bereits vor dem Erkennen von Gesichtern eine Wirkung hat: den Probanden wurden Gesichter mit ängstlichem oder glücklichem Ausdruck präsentiert und rückwärts maskiert, das heißt die sehr kurze Präsentation eines ängstlichen oder glücklichen Gesichts wurde unmittelbar abgelöst von der Präsentation eines Gesichts mit neutralem Gesichtsausdruck um dem rückwirkenden

Einfluss des visuellen Gedächtnisses vorzubeugen. Die Probanden gaben an, den Ausdruck nicht erkannt zu haben. Dennoch zeigte die Amygdala unterschiedliche Reaktionen auf die verschiedenen Ausdrücke und reagierte stärker auf ängstliche als auf glückliche Gesichter.

Desweiteren beschränkt sich das Modell inhaltlich in erster Linie auf das Erkennen bekannter Gesichter. Die Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung beschreibt zwar die Erfassung eines Gesichts auf konfiguraler und merkmalsbezogener Basis, dennoch bleibt offen, wie dieses System Gesichter von Objekten unterscheidet.

Trotz der hier angeführten Kritik gilt das Modell der Gesichterverarbeitung von Bruce und Young nach wie vor als eines der zentralen Modelle der Gesichtsforschung, auf das sich auch aktuelle Studien immer wieder berufen (vgl. 3.2.2.2 zur neuronalen Repräsentation der strukturellen Enkodierung).

#### *Neuronales Modell der Gesichterverarbeitung*

Das Modell der Gesichterverarbeitung von Haxby, Hoffman und Gobbini (2000; 2002) wurde auf Basis neuronaler Befunde generiert und formuliert entsprechend die neuronale Organisation der Gesichterverarbeitung. Das Modell betont eine Unterscheidung zwischen der Repräsentation invarianter und varianter also veränderbarer Aspekte von Gesichtern. Invariante Informationen sind demnach wesentlich für die Verarbeitung der Identität der betrachteten Person und variante Informationen wie Blickrichtung, Ausdruck und Sprechmimik sind essentiell für die soziale Kommunikation. Entsprechend dieser funktionalen Unterscheidung sind variante und invariante Informationen auch neuronal unterschiedlich repräsentiert. Das Kernsystem des Modells umfasst auf neuronaler Ebene okzipitotemporale Regionen des visuellen Kortex, die die visuelle Analyse von Gesichtern verantworten (vgl. Abbildung 4). Innerhalb dieses Kernsystems werden invariante Aspekte durch Aktivierung des gesichtsspezifische Areals des Gyrus fusiformis repräsentiert, während variante Aspekte in den gesichtssensitiven Regionen des Sulcus temporalis superior verarbeitet werden. Die Instanzen dieses Systems stehen dabei im gegenseitigen Austausch.

Neben dem Kernsystem sehen die Autoren noch ein erweitertes System neuronaler Vernetzung, welches nicht mehr der visuellen Analyse dient, sondern eine Weiterverarbeitung und Integration der Gesichtsinformationen ermöglicht. Dieses erweiterte System umfasst neuronale Strukturen, wie die Amygdala, den auditorischen Kortex oder den intraparietalen Sulcus, die eigentlich mit anderen kognitiven Funktionen assoziiert sind. Das erweiterte und das Kernsystem stehen im Austausch von



Informationen, um die Bedeutung der Informationen des betrachteten Gesichts zu verarbeiten.

Das Modell hat also durchaus eine hierarchische Struktur und postuliert eine separate neuronale Repräsentation invarianter und varianter Informationen. Dabei ist ein Austausch von Informationen nach diesem Modell auf allen Stufen der Verarbeitung denkbar.

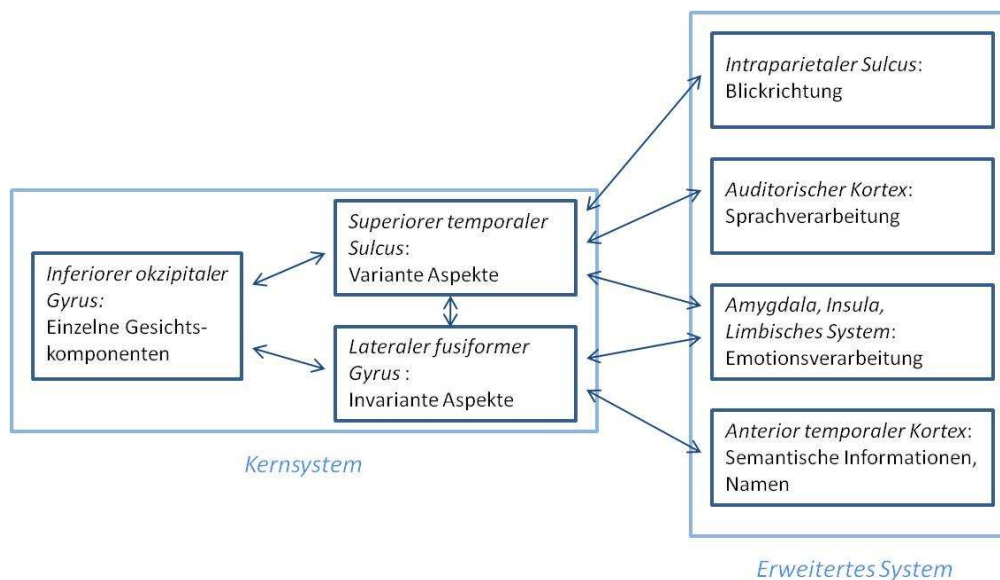


Abbildung 4. Neuronales Modell der Gesichterverarbeitung nach J. Haxby, E. Hoffman und M. Gobbini (2002). *Human neural systems for face recognition and social communication. Biological Psychiatry*, 51(1), 59-67.

Im Vergleich zu dem theoretischen Modell von Bruce und Young (1986) zeigt sich das neuronale Modell der Gesichterverarbeitung von Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) flexibler, Interaktionen und gegebenenfalls auch asymmetrische Interaktionen in der Verarbeitung verschiedener gesichtsbezogener Informationen zu erklären. Die Autoren gehen bei einem grundsätzlich hierarchischen Aufbau des gesichterverarbeitenden Systems trotzdem von einem permanenten Austausch der unterschiedlichen Verarbeitungsinstanzen aus. Dieser ermöglicht einen integrativen Informationsaustausch während des gesamten Verarbeitungsprozesses und nicht erst an seinem Ende, obwohl auch in diesem Modell die Verarbeitung varianter und invarianter Informationen in unterschiedlichen Strukturen erfolgt.

Der Hauptunterschied zwischen den Modellen liegt also in der Interaktion der Verarbeitungsprozesse, wobei Bruce und Young (1986) eine funktionelle Unabhängigkeit der verschiedenen Verarbeitungsprozesse postulieren und Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) einen stetigen Austausch annehmen.

### 3.2.4.4 Autismusspezifische Abweichung

#### *Verarbeitung der Identität*

In der Autismusforschung sprechen viele Befunde für eine Verschlechterung der Fähigkeit, die Identität einer Person anhand ihres Gesichts zu erkennen. Diese wird gleichermaßen für jüngere autistische Kinder (Corsello, 2000; Klin, et al., 1999) wie für Erwachsene berichtet (z.B. Hobson, et al., 1988; Trepagnier, Sebrechts, & Peterson, 2002). Im Vergleich zu nicht-autistischen Gleichaltrigen ist bei autistischen Kindern und Erwachsenen die Fähigkeit, unbekannte Gesichter zu unterscheiden, verschlechtert, während die Fähigkeit, unbekannte Objekte zu unterscheiden, genauso gut (Boucher & Lewis, 1992; Tantam, Monaghan, Nicholson, & Stirling, 1989; Wallace, et al., 2008a) oder sogar besser ausgeprägt ist als in den Vergleichsgruppen (Trepagnier, et al., 2002; Wolf, et al., 2008).

Die genannten Probleme im Unterscheiden von Identitäten anhand von Gesichtern erweitert sich auch auf die Diskriminierungsfähigkeit des Geschlechts: insbesondere autistische Kinder zeigen Schwierigkeiten, das Geschlecht einer Person zu erkennen, auch wenn die Gesichter eindeutig waren (Giovannelli, 2006; Njiokiktjien, et al., 2001).

Auch das Gedächtnis scheint bei ASS für Gesichter selektiv verschlechtert zu sein (Blair, Frith, Smith, Abell, & Cipolotti, 2002; Wolf, et al., 2008). Offenbar nutzen Menschen ohne Autismus den speziellen Status von Gesichtern, um sie einfacher abrufen zu können als Objekte, während autistische Probanden bei Gesichtern und Objekten gleich gut sind (Hauck, Fein, Maltby, Waterhouse, & Feinstein, 1998). Bei Giovannelli (2006) findet sich ein Hinweis darauf, dass autistische Kinder weniger effiziente Strategien zur Speicherung von Gesichtern anwenden. Die Autorin entfernte die äußeren Informationen von Gesichtern und variierte nur die Besonderheiten der inneren Merkmale (z.B. Größe der Nase). Im Gegensatz zu den gesunden Kindern nutzten die autistischen Kinder diese auffälligen Merkmale der Gesichter nicht, um ihr Gedächtnis für die Gesichter zu verbessern.

Auch wenn die Leistungen autistischer Probanden im Erkennen bekannter oder unbekannter Gesichter im Vergleich zu gesunden Personen verringert sind, so liegen sie im Allgemeinen doch über der Ratewahrscheinlichkeit (Giovannelli, 2006) und über den Leistungen von Patienten mit Prosopagnosie (Barton, et al., 2004), so dass diese Defizite nicht als Gesichtsblindheit verstanden werden dürfen. Es finden sich immerhin eine ganze Reihe Studien, die keine Verschlechterung im Unterscheiden gesichtsbezogener Identität beobachten konnten. In diesen Arbeiten finden sich zwar Verschlechterungen im Erkennen

und der Verarbeitung von Blickrichtung, Geschlecht, Sprechmimik und emotionalem Ausdruck, die Leistungen im Erkennen der Identität eines Gesichts waren jedoch vergleichbar mit denen von gesunden Probanden (Celani, Battacchi, & Arcidiacono, 1999; Deruelle, Rondan, Gepner, & Tardif, 2004; Volkmar, Sparrow, Rende, & Cohen, 1989; Wilson, Pascalis, & Blades, 2007). In einer Untersuchung von Wilson, Pascalis und Blades (2007) erkannten sowohl Kinder mit Autismus als auch Kinder mit Entwicklungsverzögerungen etwas weniger Gesichter als die gesunden Kontrollkinder - das Defizit zeigte sich hier also nicht autismusspezifisch. Vielmehr demonstrierten alle drei Probandengruppen ähnliche Lösungsmuster mit einer Überlegenheit der Leistung für vollständige Gesichter über nur innere Merkmale und innere Merkmale über nur äußere Merkmale.

#### *Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks*

Die autistypische Störung sozialer Fähigkeiten zeigt sich auch in der Verarbeitung sozialer Informationen von Gesichtern wie der des emotionalen Ausdrucks. Belege für Verschlechterungen in Wahrnehmung, Verarbeitung und Verständnis von Emotionen sind vielfältig dokumentiert (z.B. T. F. Clark, Winkelman, & McIntosh, 2008; Tantam, et al., 1989; Tardif, Laine, Rodriguez, & Gepner, 2007) und reichen von Problemen im einfachen Benennen eines Gesichtsausdrucks bis hin zu Defiziten in Empathiefähigkeit und ToM (vgl. 3.1.4.1).

Ekman und Friesen (1971) beschrieben einst ein Set von sechs Basisemotionen (Wut, Trauer, Ekel, Überraschung, Angst und Freude), von denen jede einzelne so eindeutig und universell ist, dass sie sogar ethnische Gruppen übergreifend erkannt werden kann. Autistische Kinder und Erwachsene jedoch haben selbst im eigenen Kulturkreis Schwierigkeiten damit, Gesichtsausdrücke, die diese Basisemotionen zeigen, zu erkennen (Gross, 2004; Kuusikko, et al., 2009) und richtig zu benennen (Hobson, et al., 1988; Tantam, et al., 1989).

Um herauszufinden, ob dieses Problem generell für alle Basisemotionen oder nur einzelne gilt, untersuchten Humphreys, Minshew, Leonard und Behrmann (2007) Erwachsene mit und ohne Autismus in einer Emotionsidentifikationsaufgabe und fanden deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen für alle Emotionen. Die Diskrepanzen wurden allerdings für Angst, Ekel und Freude besonders deutlich. In einer Studie mit autistischen Kindern identifizierten Wright et al. (2008) Wut und Freude als die Emotionen, die am schwersten erkannt wurden. In weiteren Studien waren besonders

Angst (Pelphrey, et al., 2002), Angst, Trauer und Ekel (Wallace, Coleman, & Bailey, 2008b) oder alle negativen Emotionen (Ashwin, Chapman, Colle, & Baron-Cohen, 2006) betroffen. Auch ein Missverstehen von Angst als Wut wurde registriert (Wallace, et al., 2008b). Ozonoff, Pennington und Rogers (1990) dokumentierten einen positiven Zusammenhang der Leistung im Erkennen emotionaler Ausdrücke mit dem verbalen IQ.

Neben den Basisemotionen werden auch komplexere Emotionen wie Bewunderung, Erstaunen und Belustigung von Menschen mit einer autistischen Störung sowohl in statischen als auch in dynamischen also sich bewegenden Gesichtern schlechter erkannt (Back, Ropar, & Mitchell, 2007). In vielen Studien wird eine soziale Interaktion in Form von kurzen Video-Sequenzen vorgegeben, wie in der Reading the Mind in Films-Aufgabe. In dieser Sequenz sollen dann komplexe Emotionen und mentale Zustände wie Selbstgefälligkeit, Verlegenheit und Besorgnis identifiziert werden. Insgesamt ist auch hier die Leistung von Erwachsenen mit ASS schlechter als die von nicht-autistischen Probanden (Golan, Baron-Cohen, & Golan, 2008). Auch autistische Kinder benötigten mehr Zeit und mehr Hinweise, um Emotionen wie Stolz und Verlegenheit aus sozialen Situationen zu entnehmen. Sie zeigten ein eingeschränktes Verständnis für die Bedeutung von peinlichen Situationen für andere Personen (Capps, Yirmiya, & Sigman, 1992).

Autistischen Kindern und Erwachsenen fällt das Erkennen von Emotionen in sozialen Situationen auch dann schwer, wenn die Information nicht direkt vom Gesicht abzulesen ist, sondern der Situation entnommen werden muss, wenn beispielsweise das Gesicht der handelnden Person verdeckt ist (Fein, Lucci, Braverman, & Waterhouse, 1992). Entsprechendes ist in sozialen Attributionsaufgaben zu beobachten, in denen sich zwei computeranimierte zweidimensionale geometrische Figuren auf unterschiedliche Weise über den Bildschirm bewegen und beim Betrachter den Eindruck einer sozialen Interaktion mit verschiedenen Emotionen wie Wut, Angst oder Freude hervorrufen sollen. Autistische Erwachsene nahmen solche Emotionen in dieser Aufgabe deutlich weniger wahr als die Personen der Kontrollgruppe, wobei die verschlechterte Leistung mit dem Grad der Beeinträchtigung reziproker sozialer Interaktionen korrelierte (Boraston, Blakemore, Chilvers, & Skuse, 2007).

Das Defizit in den Fähigkeiten, Emotionen zu erkennen, scheint autismusspezifisch zu sein, denn es bleibt signifikant selbst, wenn die Leistung mit klinischen Kontrollgruppen wie Personen mit Down-Syndrom (Celani, et al., 1999), Williams-Syndrom (Riby, Doherty-Sneddon, & Bruce, 2008), Sprachstörungen oder Intelligenzminderung (Gross, 2005) verglichen werden. Als mögliche Erklärung kommt

eine herabgesetzte Bedeutung emotionaler Informationen in Betracht, wie sie Weeks und Hobson (1987) beobachteten. Kinder mit und ohne ASS sollten Gesichter, die sich in Geschlecht, Alter, Gesichtsausdruck und Kopfbedeckung unterschieden, ohne weitere Vorgabe sortieren. Die Kinder der Kontrollgruppe orientierten sich beim Sortieren der Gesichter nach dem emotionalen Gesichtsausdruck bevor sie sich an dem Hut orientierten, während sich die meisten autistischen Kinder an dem Hut orientierten und viele den emotionalen Ausdruck völlig ignorierten.

Es gibt Hinweise darauf, dass sich das Erkennen von Gesichtsausdrücken und anderen Emotionen von Personen mit Autismus trainieren lässt. Nach Absolvierung eines computergestützten Trainingsprogramms zeigten autistische Erwachsene Verbesserungen im Erkennen von Gesichtsausdrücken und Emotionen, die in Cartoons ausgedrückt wurden sowie in Kurzgeschichten. Dieser Zugewinn korrelierte signifikant mit der Anzahl an Durchläufen des Computerprogramms (Silver & Oakes, 2001). In einem Test zur Effektivität eines anderen Trainingsprogramms („The Transporter“), einer Serie von kurzen Trickfilmen mit verschiedenen Fahrzeugen, die vorne Gesichter haben, begann die Interventionsgruppe von jungen Kindern mit HFA auf einem unterdurchschnittlichen Leistungsniveau in vier verschiedenen Tests zum Erkennen von Emotionen. Nach dem Training erreichten sie ein äquivalentes Niveau zu gleichaltrigen nicht-autistischen Kindern (Baron-Cohen, Golan, Chapman, & Granader, 2007).

Wenngleich es nur natürlich erscheint, dass eine Störung des Sozialverhaltens wie Autismus auch Verschlechterungen im Erkennen von Emotionen miteinschließt, so finden sich dennoch eine ganze Reihe von Studien, die normale Leistungen in Aufgaben zur Emotionserkennung dokumentieren. Sowohl autistische Kinder (Capps, Yirmiya, & Sigman, 1992; Castelli, 2005; Gepner, Deruelle, & Grynfeldt, 2001; Mazefsky & Oswald, 2007) als auch Jugendliche und Erwachsene (Hobson, et al., 1988) zeigten in verschiedenen Aufgaben, in denen der emotionale Gesichtsausdruck erkannt oder benannt werden sollte, genauso gute Leistungen wie ihre in Alter und IQ parallelisierten Peers. Dies galt für reale Gesichter gleichermaßen wie für Cartoon-Gesichter (Miyahara, Bray, Tsujii, Fujita, & Sugiyama, 2007), gleichwohl die Strategien zum Erkennen der Gesichtsausdrücke zwischen den Gruppen variierten. Während die nicht-autistischen Kinder beide Bildarten konfigural verarbeiteten, nutzten die autistischen Kinder eine konfigurale Strategie nur zur Verarbeitung von Cartoon-Gesichtern aber nicht bei realen Gesichtern (Rosset, et al., 2008).

Eine weitere Einschränkung fanden Hubert et al. (Hubert, Wicker, Monfardini, & Deruelle, 2009): auf Verhaltensebene zeigten Erwachsene mit und ohne Autismus zwar vergleichbare Leistungen im Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke. Die physiologische Messung ergab jedoch niedrigere Hautleitwiderstände bei den autistischen Probanden als bei den Probanden ohne ASS. Die Autoren interpretierten die unterschiedlichen physiologischen Reaktionen als Hinweis auf unterschiedliche zugrundeliegende Verarbeitungsstrategien.

Neben den beschriebenen Schwierigkeiten im Erkennen von emotionalen Signalen können bei Menschen mit Autismus auch Einschränkungen im eigenen Gebrauch von Mimik beobachtet werden. Beim Betrachten von glücklichen oder wütenden Gesichtern wurde bei jugendlichen und erwachsenen Probanden ein Elektromyogramm (EMG) von der Wangen- und Brauenmuskulatur abgeleitet. Darin zeigten die Probanden mit ASS im Gegensatz zu den nicht-autistischen Kontrollpersonen keine automatische Mimik (McIntosh, et al., 2006). Willentliche Mimik war bei den Personen beider Gruppen in vergleichbarem Maße zu sehen. Schon im Kindesalter fanden sich im strukturierten Spiel bei autistischen Kindern weniger Ausdrücke positiven Affekts, selbst wenn der Spielpartner bekannt und die soziale Situation vertraut waren (Joseph & Tager-Flusberg, 1997). Die Affektproduktion bei autistischen Kindern wird als flacher oder neutraler beschrieben als bei gleichaltrigen Kindern mit einer geistigen Behinderung, gleichzeitig wurde bei ihnen eine Vielzahl mehrdeutiger Gesichtsausdrücke beobachtet, die andere Kinder nicht zeigten (Yirmiya, Kasari, Sigman, & Mundy, 1989). Die verflachte Gesichtsmimik wird begleitet von einer Reduktion in sozialer Gestik (Attwood, Frith, & Hermelin, 1988).

Physiologisch gesehen scheinen empfundene Emotionen bei autistischen Menschen ähnlich wie bei nicht-autistischen Personen zu sein: in beiden Gruppen von Kindern zeigte sich bei Trennung von der Mutter die gleiche Erhöhung des Herzschlags und eine Verringerung dieser Rate bei der Wiedervereinigung (Willemsen-Swinkels, Bakermans-Kranenburg, Buitelaar, van IJzendoorn, & van Engeland, 2000). Bei Selbsteinschätzung bewerteten autistische Probanden ihre Erregung beim Betrachten von beispielsweise traurigen Bildern allerdings als geringer als Kontrollpersonen (Bolte, Holtmann, Poustka, Scheurich, & Schmidt, 2007).

*Gemeinsame Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck*

Für Menschen mit ASS liegen z.Z. im Prinzip keine Arbeiten vor, die explizit die gemeinsame Verarbeitung mehrerer gesichtsbezogener Informationen untersuchen. Einige wenige Studien schneiden diese Frage allerdings peripher an.

Hefter, Manoach und Barton (2005) explorierten in einer Gruppe Erwachsener mit ASS, den Zusammenhang zwischen Verschlechterungen im Erkennen von Identität und Gesichtsausdrücken. Zur Erfassung der Identitätserkennung wurden die Probanden gebeten, berühmte Gesichter von unbekannten Gesichtern zu unterscheiden und zur Erfassung der Emotionserkennung sollten Emotionen von Gesichtern aber auch aus anderen Stimuli abgelesen werden. Die Leistungen im Erkennen von Emotionen anhand von Gesichtern korrelierten mit dem Erkennen von Emotionen in anderen Situationen, aber nicht mit dem Erkennen von Identität. Die offensichtliche Unabhängigkeit dieser Leistungen könnte für eine unabhängige Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck sprechen. Die Daten wurden jedoch nur in einer Gruppe autistischer Personen erhoben und nicht mit einer Kontrollgruppe verglichen, so dass sie Aussagekraft einbüßen.

Im Gegensatz zu den Befunden von Hefter, Manoach und Barton (2005) beobachteten Wolf et al. (Wolf, et al., 2008), dass sich bei autistischen Kindern das Erkennen von Gesichtern signifikant verschlechterte, wenn sich in den Stimulusgesichtern die Blickrichtung oder der Gesichtsausdruck veränderten. Dieses Ergebnis deutete eine Beeinflussung der Identitätsverarbeitung durch die Verarbeitung veränderbarer Informationen in Form von Blickrichtung und emotionalem Ausdruck an. Den Kindern der Kontrollgruppe fiel es in dieser Studie hingegen leichter als den autistischen Kindern, Gesichter, die sie mit neutralem Gesichtsausdruck gelernt hatten, auch mit einem emotionalen Ausdruck wiederzuerkennen.

Robel et al. (2004) beobachteten, dass sich Kinder mit ASS schwer taten, diverse Gesichter zu unterscheiden, wenn diese mit einem neutralen Gesichtsausdruck präsentiert wurden. Ihre Leistungen wurden jedoch besser wenn die Identität der Gesichter zusammen mit dem Gesichtsausdruck verändert wurden. Diese Ergebnisse scheinen zunächst die Annahme zu stützen, dass Veränderungen im emotionalen Ausdruck das Erkennen von Gesichtern erleichtern, und scheinen somit eine abhängige Verarbeitung dieser Informationen naheulegen. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Leistungssteigerung einfach verursacht wurde, weil sich in den präsentierten Stimuli gleich mehrere Informationen auf einmal veränderten als einfach nur die Identität, dass also die Menge an Informationen hier Einfluss nimmt.

Während Einschränkungen im Erkennen gesichtsbezogener Identität und emotionalem Ausdruck bei Menschen mit ASS bereits umfassend untersucht wurden, fehlt bisher die Einbettung dieser Erkenntnisse in das gesichterverarbeitende System. Es ist nicht klar, inwieweit auch die gleichzeitige und komplexe Verarbeitung mehrerer Informationen Störungen ausweist.



## **4. GEGENSTAND DER STUDIE**

### **4.1 Herleitung der Fragestellung und Ausblick auf die Experimente**

Das visuelle System zeigt also bei normaler Entwicklung eine Spezialisierung für Gesichter, die sowohl in frühen als auch in späten Verarbeitungsprozessen zu beobachten ist. Die frühe Gesichterspezialisierung findet dabei Ausdruck in einer Blickbevorzugung sowie einer schnellen Unterscheidung dieser Stimuli gegenüber anderen Objekten. Auf späten Verarbeitungsstufen zeigt sich die spezialisierte Verarbeitung von Gesichtern in Form von holistischen Verarbeitungsstrategien, die die vielen Informationen von Gesichtern besonders effektiv verarbeiten helfen.

Viele Studien zur Gesichtsverarbeitung bei Kindern und Erwachsenen mit Autismus demonstrieren eindrucksvoll, dass diese klinische Gruppe nicht dasselbe Ausmaß einer Gesichterspezialisierung entwickelt wie Personen ohne Autismus. Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich allerdings vornehmlich auf späte Stufen der Gesichtsverarbeitung, die insbesondere durch die komplexe Integration vieler Informationen bzw. die Interaktion verschiedener kognitiver Prozesse geprägt sind. Somit ist es kaum möglich zuzuordnen, welcher Prozess das beobachtete Defizit verursacht. Im Gegensatz dazu bilden frühe Stufen der Verarbeitung eher spontane Antworten auf Gesichter ab und unterliegen weniger Einflüssen anderer kognitiver Prozesse, so dass sie die Möglichkeit bieten, defizitäre Prozesse genauer zu identifizieren. Da auf den frühen Stufen der Verarbeitung alle nachfolgenden Verarbeitungsprozesse aufbauen, muss angenommen werden, dass sich frühe Defizite bis in späte Verarbeitungsprozesse hinein bemerkbar machen.

Zum besseren Verständnis der Gesichtsverarbeitung bei Menschen mit ASS ist es deshalb essentiell, auch diese frühen Verarbeitungsprozesse auf ihre Spezialisierung hin zu untersuchen. Findet sich beispielsweise eine frühe Aufmerksamkeit für Gesichter und werden Gesichter schon zu Beginn des Verarbeitungsprozesses von Objekten unterschieden? Eine weniger ausgeprägte Spezialisierung für Gesichter in diesen frühen Verarbeitungsprozessen könnten die Schwierigkeiten in späteren Verarbeitungsprozessen erklären.

Die vorliegende Arbeit untersuchte daher innerhalb einer Gruppe von autistischen Kindern und Jugendlichen sowie einer in Alter und IQ parallelisierten Gruppe nicht-

autistischer Kinder das Ausmaß an Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems auf frühen und späten Stufen des Verarbeitungsprozesses.

Studien 1 und 2 untersuchten Gesichterverarbeitung auf frühen Stufen und Studie 3 auf späten Stufen. Studie 1 befasste sich auf Verhaltensebene mit der frühen Aufmerksamkeit für Gesichter. Bei sehr kurzer Darbietungszeit sollten Tiere in Bildern erkannt werden. Gelegentlich präsentierte menschliche Gesichter sollten von der Aufgabe ablenken und somit die frühe Salienz bzw. Attraktivität von Gesichtern sichtbar machen.

Studie 2 untersuchte frühe Reaktionen auf Gesichter auf neuronaler Ebene. Unter Ableitung eines EEGs wurde insbesondere die strukturelle Enkodierung in Form der N170 beobachtet. Von Interesse war zum einen, ob auch bei den autistischen Kindern Gesichter hier eine stärkere Reaktion als Objekte hervorrufen würden. Darüber hinaus wurde auf dieser Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung analysiert, wie sensibel das gesichterverarbeitende System auf Unterschiede in der strukturellen Komplexität von Gesichtern reagiert.

Studie 3 untersuchte die komplexe Verarbeitung mehrerer Stimulusinformationen auf späten Stufen der Verarbeitung in Form von gleichzeitiger Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck eines Gesichts. Nach dem Paradigma der selektiven Aufmerksamkeit sollten Gesichter entweder nach ihrem Ausdruck ungeachtet der zugrunde liegenden Identität sortiert werden oder umgekehrt. Durch systematische Variation der Information, die ignoriert werden sollte, ließ sich feststellen, ob die Verarbeitung der einen Information die Verarbeitung der anderen beeinflusste oder ob beide unabhängig voneinander verarbeitet wurden.

## **4.2 Projekt-Organisation und Stichprobenrekrutierung**

Die vorliegende Arbeit besteht aus drei einzelnen Studien, die zusammen als ein Gesamtprojekt durchgeführt wurden. Die Arbeit war also so organisiert, dass alle Aufgaben in derselben Gruppe autistischer bzw. nicht-autistischer Kinder gestellt wurden.

Das Projekt erfolgte in Kooperation mit der Marburger Spezialambulanz für Autismus-Spektrum-Störungen der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg. Diese Einrichtung ist spezialisiert auf die klinische, kinderpsychiatrische und psychologische Diagnostik zur Abklärung des Verdachts auf eine autistische Störung bei Kindern und

Jugendlichen. Diese Diagnostik umfasst dabei auch die Verfahren, die in der internationalen Forschung zu Absicherung und Dokumentation einer Diagnose gefordert sind (Bölte, Rühl, Schmötzer, & Poustka, 2006).

In Kooperation mit der Marburger Spezialambulanz konnten über die Patientendatenbank der Einrichtung gezielt Kinder mit Autismus für die vorliegende Arbeit rekrutiert werden. Es wurden dabei nur Familien angesprochen, die ursprünglich zugestimmt hatten, über weitere Forschungsvorhaben informiert werden zu wollen. Da die betroffenen Familien nicht alle aus der unmittelbaren Umgebung von Gießen kamen, die Studien aber ortsgebunden waren, bot es sich an, alle Studien bzw. Erhebungen in einem Termin zusammenzufassen. Um neben dem zeitlichen Aufwand für die Teilnehmer auch noch den finanziellen zu minimieren, wurden den Familien der autistischen Kinder die Fahrtkosten erstattet.

Aus praktischen Gründen wurde zunächst die Autismus-Gruppe zusammengestellt und erhoben. Die Kontrollgruppe wurde zeitversetzt rekrutiert, da die Teilnehmer in Alter, IQ und Geschlecht an die Autismus-Gruppe angepasst werden sollten. Diese Kinder ohne tiefgreifende Entwicklungsstörungen wurden aus der Probandendatenbank der Abteilung Entwicklungspsychologie der Justus-Liebig-Universität Gießen ausgewählt. Dabei sollte ein möglichst gutes Matching der beiden Gruppen in den Variablen Alter, IQ und Geschlecht erreicht werden (siehe *Stichprobenbeschreibung*), so dass der Hauptunterschied zwischen den Gruppen in dem Vorliegen oder Nicht-Vorliegen einer autistischen Störung lag. Nur auf dieser Basis können beobachtete Gruppenunterschiede in den abhängigen Variablen der Studien dem Autismus zugeordnet werden.

Das Prozedere lief für alle Projektteilnehmer gleich ab: die ausgewählten Familien bekamen umfassendes schriftliches Informationsmaterial über das Forschungsvorhaben zugeschickt. Bei Interesse konnten die Eltern einen vorgedruckten Antwortbrief zurücksenden und wurden dann konkret zur Studie eingeladen. Die Erhebungen fanden an der Justus-Liebig-Universität Gießen in den Räumen der Abteilung für Entwicklungspsychologie statt. Zu Beginn des Termins wurde mit den Familien und Kindern das genaue Vorgehen noch einmal besprochen, um sicher zu gehen, dass es von allen Beteiligten verstanden wurde. Die Erziehungsberechtigten mussten dann schriftlich bestätigen, dass sie ausreichende Informationen erhalten hatten und ihr Einverständnis für die Teilnahme ihres Kindes an dem Projekt geben (Anhang E). Die Eltern der autistischen Kinder mussten sich zusätzlich schriftlich damit einverstanden erklären, dass die

Marburger Spezialambulanz alle ihr vorliegenden diagnostischen und personenbezogenen Daten der Kinder an unser Projekt weitergeben durfte (Anhang C).

Die Eltern konnten während der Erhebungen anwesend sein oder ihr Kind anschließend wieder abholen. Während die Kinder an den einzelnen Untersuchungen teilnahmen, wurden die Eltern gebeten, einen kurzen Elternfragebogen auszufüllen (siehe *Stichprobenbeschreibung*; Anhang D). Insgesamt dauerte der Termin zwischen 2,5 und 3 Stunden. Die Kinder erhielten als Dankeschön für Ihre Teilnahme 20 Euro. Insgesamt nahmen 22 Familien mit autistischen Kindern und 22 Familien mit nicht-autistischen Kindern an dem Projekt teil.

### **4.3 Stichprobenbeschreibung**

#### *Autismus-Diagnose vs. Diagnoseausschluss*

Für die internationale Autismus-Forschung gilt aktuell, dass die Diagnose Autismus durch einen erfahrenen Kliniker anhand bestimmter diagnostischer Standardverfahren gestellt werden muss. Ein solches Vorgehen ist Voraussetzung für die allgemeine Anerkennung wissenschaftlicher Arbeiten in diesem Forschungsbereich und konnte bei der vorliegenden Arbeit durch die Marburger Spezialambulanz gewährleistet werden: Alle Kinder, die über die Spezialambulanz in unser Projekt vermittelt wurden, hatten dort im Rahmen früherer Untersuchungen eine umfassende Diagnostik durchlaufen. Diese beinhaltete die Standardverfahren zur Autismus-Diagnostik, die Erfassung des allgemeinen Funktionsniveaus mittels Intelligenztest (siehe *Kognitives Funktionsniveau*), sowie eine Reihe neuropsychologischer Testverfahren zur Ermittlung von Aufmerksamkeitsspanne, exekutiven Funktionen und sozialen Fähigkeiten.

Die Autismus-Diagnostik beinhaltete unter anderem die beiden Verfahren, die zum internationalen Standard der Diagnostik von Störungen des autistischen Spektrums zählen: die Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen (ADOS; Rühl, Bölte, Feineis-Matthews, & Poustka, 2004) und das Diagnostische Interview für Autismus – Revidiert (ADI-R; Bölte, Rühl, et al., 2006).

Beim ADOS handelt es sich um eine strukturierte Verhaltensbeobachtung zur Erfassung von Kommunikation, sozialer Interaktion und Spielverhalten bei Kindern oder Erwachsenen, bei denen das Vorliegen einer autistischen Störung vermutet wird. Anhand bestimmter Materialien und strukturierter Aktivitäten werden durch den Untersucher gezielt Situationen erzeugt, in denen ein bestimmtes soziales und kommunikatives Verhalten mit großer Wahrscheinlichkeit auftritt. Das bedeutet, dass dem Patienten

Aufgaben gestellt werden, die so ansprechend sind, dass eine soziale Interaktion zwischen ihm und dem Untersucher entsteht. Dies beinhaltet auch, dass sich der Untersucher in bestimmten Momenten zurücknimmt, zum Beispiel um zu sehen, ob der Proband eine soziale Interaktion von sich aus initiiert oder versucht, diese aufrecht zu erhalten. Mit Hilfe dieser sozialen Situationen sollen die für die Diagnostik des Autismus relevanten Symptome beobachtbar gemacht werden.

Das ADOS stellt vier verschiedene Module zur Verfügung, die von sprachfreiem Material bis zu Aufgaben für Jugendliche und Erwachsene mit guter Sprachentwicklung und guten intellektuellen Fähigkeiten reichen. Das passende Modul wird also in Abhängigkeit von chronologischem Alter und expressiven sprachlichen Fähigkeiten des jeweiligen Patienten ausgewählt. Dabei beruhen alle Module auf demselben Prinzip und unterscheiden sich lediglich in der Art der Situations-Herführung. Die Reaktionen des Patienten werden notiert und meistens auch per Videomitschnitt dokumentiert. Nach Analyse der Beobachtungen werden Summenscores zu den Bereichen Kommunikation, wechselseitige soziale Interaktion, Vorstellungsvermögen / Kreativität sowie stereotype Verhaltensweisen / eingeschränkte Interessen gebildet.

Das ADI-R ist ein Interview, das mit den Bezugspersonen der Betroffenen – meist den Eltern – durchgeführt wird. Es beinhaltet Items zur frühkindlichen Entwicklung, zu Spracherwerb und möglichem Verlust von sprachlichen Fertigkeiten, verbalen und non-verbalen kommunikativen Fähigkeiten, Spiel- und sozialem Interaktionsverhalten, stereotypen Interessen und Aktivitäten sowie komorbiden Symptomen. In diesem Verfahren geht es weniger um das konkrete Beantworten von Fragen. Vielmehr werden die Eltern angehalten, eine möglichst umfassende und präzise Verhaltensbeschreibungen ihres Kindes zu geben. Anhand dieser kann der Interviewer anschließend eine Einschätzung der Symptomatik vornehmen. Angelehnt an ICD-10 und DSM-IV beschreiben die meisten Items die Symptomtrias (1) soziale Interaktion, (2) Kommunikation und Sprache, sowie (3) stereotype / repetitive Verhaltensweisen und Interessen. Für diese drei Symptomklassen, sowie den Bereich „abnorme Entwicklung“, bieten diagnostische Algorithmen Cut-offs: werden diese Werte in allen vier Bereichen erreicht oder überschritten, ist eine Diagnose aus dem autistischen Spektrum wahrscheinlich. Innerhalb der Diagnose können außerdem unterschiedliche Schweregrade abgebildet werden.

Das Verfahren kann ab einem normativen Entwicklungsalter von 2;0 Jahren eingesetzt werden und fragt sowohl das aktuelle Verhalten als den vergangenen Entwicklungszeitraum ab. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Alter zwischen dem 4. und

dem 5. Lebensjahr, da dieses Alter besonders stark durch autismusbezogene Auffälligkeiten bestimmt ist („höchst abnorm“). Ebenso wie das ADOS verlangt auch die Anwendung des ADI-R eine gute Vertrautheit mit dem Erscheinungsbild des Autismus und erfordert daher, dass es von speziell geschulten Diagnostikern durchgeführt wird.

Die beiden Testverfahren ADOS und ADI-R reichen einzeln betrachtet für die Diagnosestellung von Autismus-Spektrum-Störungen nicht aus: Das ADI-R legt ausschließlich Beschreibungen durch Bezugspersonen unter Abwesenheit des Patienten zugrunde, eine Diagnosestellung kann aber nicht ohne Beobachtung des Patienten selbst erfolgen. In den diagnostischen Algorithmus des ADOS hingegen gehen keine Daten zur frühen abnormen Entwicklung und solche zu repetitiven, stereotypen Verhaltensweisen ein (letztere nur deskriptiv), die für die Diagnose eines (frühkindlichen) Autismus jedoch obligatorisch sind (Rühl, et al., 2004). Die beiden Verfahren ergänzen sich jedoch hervorragend und so ist eine Zusammenführung dieser beiden Informationsquellen für die klinische Diagnose des Autismus sinnvoll und gilt inzwischen international als „goldener Standard“ der Autismus-Diagnostik (Rühl, et al., 2004).

Alle Kinder, die für unser Projekt über die Marburger Spezialambulanz vermittelt wurden, hatten beide Verfahren durchlaufen und in ihnen die kritischen Werte für die Diagnose Autismus-Spektrum-Störung erreicht. Die Gruppe setzte sich schließlich zusammen aus 14 Kindern mit der Diagnose Asperger-Syndrom und 8 Kindern mit der Diagnose High-functioning-Autismus, also Frühkindlichem Autismus mit hohem Funktionsniveau.

So wichtig die Absicherung einer Autismus-Diagnose für die Kinder der Autismus-Gruppe war, so wichtig war der Ausschluss einer autistischen Symptomatik bei den Kindern der Kontrollgruppe. Nun wäre eine vollständige, bis zu fünf Stunden dauernde Autismus-Diagnostik zum Ausschluss einer Autismus-Diagnose für die Kinder der Kontrollgruppe und ihre Eltern kaum zumutbar gewesen. Dies hätte außerdem den Einsatz eines geschulten, erfahrenen Diagnostikers sowie des entsprechenden Testmaterials erfordert, die an der Universität Gießen jedoch nicht zur Verfügung standen. Nicht zu Letzt schienen derlei Anstrengungen allein zum Ausschluss einer Diagnose mit klinisch-diagnostischen Grundsätzen nicht vereinbar zu sein.

Um das Vorliegen autistischer Symptome bei den Kindern der Kontrollgruppe dennoch kontrollieren zu können, mussten wir nach anderen Anhaltspunkten suchen. Zunächst wurden die Eltern direkt nach dem Vorliegen einer Diagnose oder Verdachtsdiagnose von Störungen im autistischen Spektrum gefragt, denn Schwere und

Art der Beeinträchtigung, sowie früher Beginn von tiefgreifenden Entwicklungsstörungen führen im Allgemeinen dazu, dass Eltern schon in den ersten Lebensjahren aufmerksam werden und professionelle Hilfe suchen. Für keines der Kinder gaben die Eltern das Vorliegen eines solchen Verdachts an. Darüber hinaus besuchten alle Kinder, die für die Kontrollgruppe rekrutiert worden waren, Regelschulen (reguläre Grundschule, Gesamtschule, Realschule oder Gymnasium), was vermuten ließ, dass keine schweren qualitativen Beeinträchtigungen in sozialen Interaktionen und Kommunikationsmustern bei diesen Kindern vorlagen. Tatsächlich war bei knapp der Hälfte der autistischen Kinder des Projekts ( $N = 10$ ; 46%) eine besondere Form der Beschulung in Form von Internatsunterbringung oder Sonderschule notwendig (Tabelle 1). Die Tatsache, dass gut die Hälfte der autistischen Kinder (54%) zu regulären Schulen ging, zeigt aber auch, dass anhand der Beschulung keinesfalls Rückschlüsse auf das Vorliegen autistischer Störungen gezogen werden können.

*Tabelle 1. Beschulungsform der Kinder der Autismus-Gruppe und der Kontrollgruppe in absoluten Häufigkeiten, getrennt nach Regelschule und Sonderbeschulung.*

	Kontrollgruppe	Autismus-Gruppe
Regelschule	22	12
Sonderbeschulung	0	10

*Anmerkungen.* Regelschulen umfassen Grundschulen, Gesamtschulen, Realschulen und Gymnasien, Sonderbeschulung umfasst Sonderschulen und Internate.

Um also konkretere Angaben zu autismusspezifischen Auffälligkeiten bei den Kindern der Kontrollgruppe zu bekommen, umfasste ein kurzer Teil des Elternfragebogens Fragen zum Umgang der Kinder mit anderen gleich- und andersaltrigen Personen (Anhang). Auf diese Weise sollte eine eventuelle Beeinträchtigung der sozialen Interaktion als eines der drei Leitsymptome von tiefgreifenden Entwicklungsstörungen abgeklärt werden. Die Fragen waren angelehnt an die Marburger Beurteilungsskala zum Asperger-Syndrom<sup>®</sup> (MBAS; in Remschmidt & Kamp-Becker, 2006), einem Screeningverfahren bei Autismus-Verdachtsdiagnosen.

Die Einschätzungen der Eltern ergaben für keines der Kinder der Kontrollgruppe Anhaltspunkte für eine qualitative Beeinträchtigung des Umgangs mit anderen Personen. Der Vergleich mit den Elterneinschätzungen der autistischen Stichprobe bekräftigte dieses Ergebnis: der soziale Umgang mit anderen Personen zeigte in den Angaben der Eltern

autistischer Kinder insgesamt deutlich mehr autismusspezifische Auffälligkeiten im Sinne eines eingeschränkten Interesses an sozialer Interaktion als in den Angaben der Eltern der Kontrollgruppe,  $t(32.7) = 6.716$ ,  $p = .000$ . Da die Autismus-Diagnose bei den autistischen Probanden als gesichert angesehen werden konnte, lieferte dieser hoch signifikante Unterschied zwischen den Gruppen einen guten Hinweis darauf, dass die Kinder der Kontrollgruppe nicht im auffälligen Bereich des autistischen Spektrums lagen.

#### *Alter und Geschlecht*

Alle Kinder der Autismus-Stichprobe waren männlich. Diese Geschlechterhomogenität hatte sich in der Rekrutierung zufällig ergeben. Sie spiegelt zum einen die ungleichmäßige Geschlechterverteilung innerhalb autistischer Störungen wieder als auch geschlechtsbezogene Unterschiede im Schweregrad der Symptomatik: es sind nicht nur deutlich häufiger Jungen von autistischen Störungen betroffen, bei Mädchen mit Autismus sind die kognitiven Fähigkeiten oft stärker eingeschränkt (vgl. 3.1.3). Aus diesen Gründen finden sich in Studien der Autismusforschung oft rein männliche Stichproben (z.B. Bölte, Feineis-Matthews, & Poustka, 2008; Joseph & Tager-Flusberg, 1997; Klin, et al., 2002b; Rutherford, Clements, & Sekuler, 2007), welche im Allgemeinen als repräsentativ für die Geschlechterverteilung und Symptomausprägung autistischer Störungen verstanden werden.

Da alle autistischen Kinder männlich waren, wurden auch für die Kontrollgruppe nur Jungen rekrutiert. Da keine grundlegenden geschlechtsbezogenen Unterschiede für die Gesichterverarbeitung im Allgemeinen und die verwendeten Methoden im Speziellen bekannt sind (z.B. Schwarzer & Jovanovic, 2010; Schwarzer, et al., 2007; Stauch, 2004, unveröffentlichte Diplomarbeit), wurde angenommen, dass eine rein männliche Stichprobe trotzdem zu einem repräsentativen Ergebnis kommen sollte.

Das Alter der Probanden lag zwischen 9 und 15 Jahren (Tabelle 2). In der Autismus-Gruppe war das jüngste Kind genau 9 Jahre alt und das älteste 15 Jahre und 5 Monate ( $M = 12.2$  Jahre,  $SD = 1.9$  Jahre). In der Kontrollgruppe waren die Kinder zwischen 9 Jahren und 9 Monaten und 15 Jahren und 5 Monaten alt ( $M = 12.4$  Jahre,  $SD = 2$  Jahre). Die Prüfung auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnov ergab normalverteilte Alterswerte in beiden Gruppen ( $D_{Kontrollgr}(22) = .167$ ,  $p > .05$ ;  $D_{Autismus}(22) = .159$ ,  $p > .05$ ). Die beiden Stichproben unterschieden sich hinsichtlich des Alters nicht signifikant voneinander,  $t(42) = .298$ ,  $p = .767$ .



Tabelle 2. Alter in Jahren und IQ-Werte für alle Kinder beider Stichproben.

		Kontrollgruppe	Autismus-Gruppe
IQ	<i>M</i>	107.8	101.2
	<i>SD</i>	16.1	17.3
	Range	77-132	73-133
Alter	<i>M</i>	12.4	12.2
	<i>SD</i>	2.0	1.9
	Range	9-15	9-15
<i>N</i>		22	22

### Kognitives Funktionsniveau

Zur Erfassung des allgemeinen Funktionsniveaus war in der Marburger Spezialambulanz der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK III; Tewes, Rossmann, & Schallberger, 1999) mit den autistischen Kindern durchgeführt worden: sie erzielten darin ausnahmslos Intelligenz-Quotienten über 70 ( $M = 101.2$ ,  $SD = 17.3$ , Range: 73 – 133), was den High-functioning-Bereich kennzeichnet.

Für die Kinder der Kontrollgruppe standen aus der Teilnahme an früheren Studien in der Abteilung Entwicklungspsychologie IQ-Werte aus dem HAWIK III (Tewes, et al., 1999) oder dem Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT 20-R; Weiß, 2006) zur Verfügung. Sie lagen im selben Bereich ( $M = 107.8$ ,  $SD = 16.1$ , Range: 77 – 132) wie die autistischen Kinder (Tabelle 2). Die Kinder unterschieden sich hinsichtlich ihrer IQ-Werte nicht signifikant zwischen den Gruppen,  $t(42) = 1.308$ ,  $p = .198$ . In beiden Gruppen waren die IQ-Werte nach Kolmogorov-Smirnov normalverteilt ( $D_{Kontrollgr}(22) = .121$ ,  $p > .05$ ;  $D_{Autismus}(22) = .089$ ,  $p > .05$ ).

### Gesundheitliche Verfassung und Händigkeit der Kinder

Da die einzelnen Versuche der vorliegenden Arbeit visuelle Wahrnehmung, motorische Reaktion, aber auch Aufmerksamkeit und Koordinationsfähigkeiten ansprachen, sollte bei allen Projektteilnehmern abgeklärt werden, ob gegebenenfalls gesundheitliche Zustände vorlagen, die diese Fähigkeiten in irgendeiner Weise beeinflussen könnten. Deshalb wurden die Eltern aller Teilnehmer gebeten, Angaben zu anderer Erkrankungen, vor allem neurologischer Natur, sowie aktueller Medikamenteneinnahme und Sehfähigkeit ihrer Kinder zu machen (Anhang D).

Bei einem Kind der Kontrollgruppe und zwei Kindern der Autismus-Gruppe lagen Diagnosen des Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndroms (ADHS) vor. Je ein Kind beider Gruppen wurde deswegen mit Ritalin® (Methylphenidat) behandelt, einem

Psychopharmakon, das auf das dopaminerge und noradrenerge Neurotransmittersystem wirkt. Dieses erhöht die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit beim Patienten bei gleichzeitiger Reduktion der motorischen Symptome. Nach Rücksprache mit verschiedenen Kinder- und Jugendpsychotherapeuten und -psychiatern wurde entschieden, die Kinder an der Erhebung teilnehmen zu lassen, da sie den motorischen und Aufmerksamkeitsanforderungen der Aufgaben unter Medikation gewachsen waren und es außerdem keinen Anhaltspunkt dafür gibt, dass die Behandlung mit diesem Medikament, oder die zugrundeliegende Störung an sich, visuelle Verarbeitungsprozesse beeinflussen. Zudem waren in beiden Gruppen des Projekts vergleichbar viele Kinder betroffen, nämlich eines in der Kontrollgruppe und zwei in der Autismus-Gruppe, so dass sich eventuelle Effekte dadurch kontrollierten. Tatsächlich wichen in keiner der Studien die Leistungen der betroffenen Kinder von denen der nicht-betroffenen Kinder signifikant ab. Ihre Daten gingen daher in die Auswertungen mit ein.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebungen wurde für kein anderes Kind die Einnahme von Psychopharmaka oder anderer Arzneimittel verzeichnet und es wurden keine anderen neuronalen Erkrankungen angegeben. Alle Kinder hatten normale Sehfähigkeit oder eine durch Brille zu-normal-korrigierte Sehfähigkeit. Insgesamt trugen in jeder der beiden Gruppen jeweils sechs Kinder eine Brille.

In beiden Probandengruppen waren jeweils 19 Kinder Rechtshänder und 3 Kinder Linkshänder.

### *Umgang mit Gesichtern*

Im Vorfeld der drei Studien wurde überprüft, ob sich die beiden Probandengruppen in ihren allgemeinen Wahrnehmungsfähigkeiten hinsichtlich Gesichter unterschieden. Dafür wurden zwei globale Maße herangezogen: ein Fremdrating zur Erfassung des alltäglichen Umgangs mit Gesichtern, vorgenommen durch die Eltern, und der *Benton Facial Recognition*-Test (Benton, Sivan, Hamshir, Varney, & Spreem, 1983) als objektive Messung der Wiedererkennensleistung von Gesichtern.

*Fremdrating / Elternurteil.* Im Rahmen des Elternfragebogens wurden die Eltern gebeten, anhand einiger Items Einschätzungen zum alltäglichen Umgang ihrer Kinder mit Gesichtern in natürlicher Umgebung vorzunehmen (Anhang D). Die Fragen umfassten Blickkontakt zu anderen Personen, sowie das Erkennen von Identität und Emotionen bei anderen Personen und die Angemessenheit der eigenen Gesichtsmimik. Die Eltern autistischer Kinder gaben an, dass ihre Kinder kaum Blickkontakt zu anderen Personen

aufbauten oder hielten, Schwierigkeiten im Erkennen und Verstehen von Gesichtsausdrücken und Emotionen hätten und auch selbst weniger Gesichtsmimik einsetzten. Insgesamt schätzten die Eltern der Autismus-Gruppe den Umgang ihrer Kinder mit Gesichtern als signifikant weniger natürlich und „professionell“ ein als die Eltern der Kontrollgruppe,  $t(42) = 6.925, p = .000$ .

*Objektive Messung / Benton Facial Recognition.* Der Benton Facial Recognition-Test (Benton, et al., 1983) wurde ursprünglich zur Diagnostik von Prosopagnosie bei Erwachsenen entwickelt. Prosopagnosie beschreibt die Unfähigkeit, die Identität einer Person anhand ihres Gesichtes zu erkennen. Der Benton Facial Recognition-Test erfasst die Fähigkeit, fremde Gesichter in unterschiedlichen Aufnahmen wiederzuerkennen. Das Verfahren verwendet Schwarz-Weiß-Fotografien von männlichen und weiblichen Gesichtern mit neutralem Gesichtsausdruck. Das Portrait einer Person (Target) wird vorgegeben. Sie soll in einer Reihe von sechs Portraits wiedererkannt werden (vgl. Abbildung 5). Die gesuchte Person ist dort drei Mal unter unterschiedlichen Belichtungsverhältnissen und leichter Veränderung der Blickrichtung abgebildet. Die übrigen drei Bilder zeigen andere Personen desselben Geschlechts. Das Target-Bild bleibt während des Versuchs offen liegen bis der Proband die Aufgabe gelöst hat, so dass weniger das Gesichtergedächtnis als vielmehr das Erkennen einer Identität gefragt ist.

Insgesamt mussten in 18 Aufgaben Gesichter drei Mal wieder erkannt werden, so dass die maximale Punktzahl 54 betrug ( $18 \times 3$ ). Die Bearbeitung des Tests dauerte ca. 4 Minuten. Alle Kinder konnten die Aufgabe lösen. Ein Kind der Autismus-Gruppe benötigte allerdings 43 Minuten zur Bearbeitung und wurde aufgrund dieser ungewöhnlich langen Bearbeitungszeit von der Auswertung ausgeschlossen, weil davon ausgegangen werden musste, dass er zum Lösen der Aufgabe eine vollkommen andere Strategie angewendet hatte als die anderen Kinder. Da das Testverfahren keine Normen im Kindesalter zur Verfügung stellt, blieb nur der direkte Vergleich der Richtiglösungen zwischen den Gruppen zur Einschätzung der Leistungen. Die Kinder der Kontrollgruppe erkannten im Mittel 41.0 Gesichter wieder ( $SD = 4.4$ , Range: 30 - 49) und die Kinder der Autismus-Gruppe 37.8 ( $SD = 5.3$ , Range: 28 - 47). Die Leistungen der Kinder unterschieden sich signifikant zwischen den Gruppen  $t(41) = 2.126, p = .04$ .

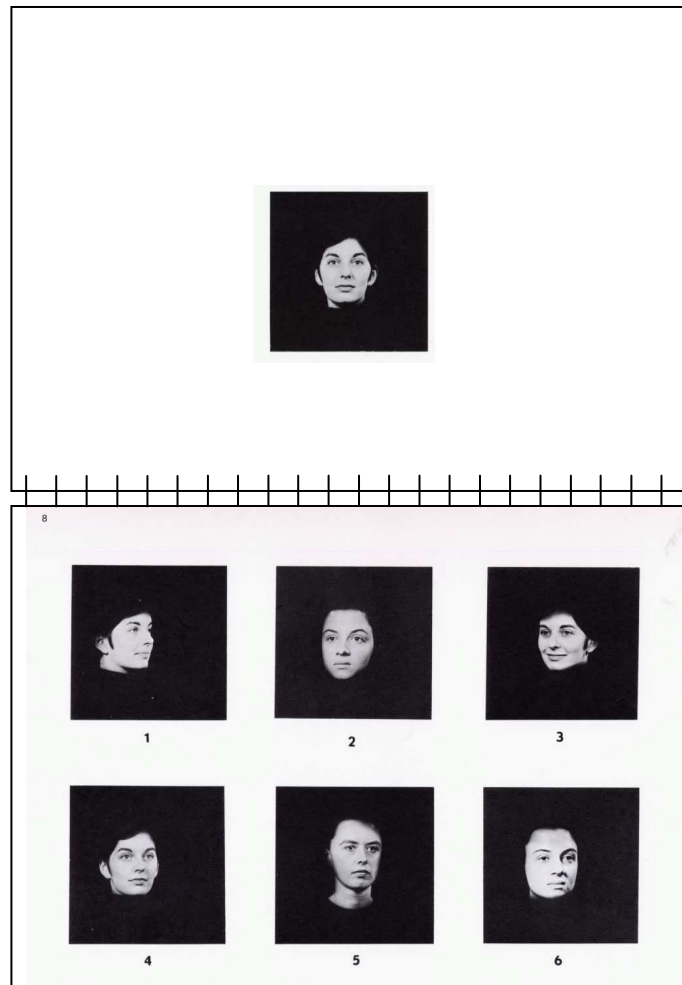


Abbildung 5. Beispiel-Item aus dem *Benton Facial Recognition-Test* (1983). In einem aufgeschlagenen Ringblock war in der oberen Hälfte eine Person abgebildet, die ebenfalls in drei der unteren Bilder abgebildet war und dort wiedererkannt werden sollte.

### *Teilnehmeranzahl*

Alle autistischen Kinder und alle Kinder der Kontrollgruppe nahmen an allen drei Studien der vorliegenden Arbeit teil, mit Ausnahme eines autistischen Kindes, das von vorne herein die Ableitung eines EEGs (Studie 2) ablehnte. Dennoch variierte in den drei im Folgenden beschriebenen Studien die Anzahl der Probanden, die in die Auswertung eingingen. Dies begründete sich insbesondere im Erreichen der Lernkriterien. Aufgrund dieser Schwankungen findet sich zu Beginn jeder Studie noch einmal eine kurze Übersicht über die Zusammensetzung der Gruppen, welche in der jeweiligen Studie in die Auswertung eingingen.

## 5. STUDIE 1: SALIENZ VON GESICHTERN

### 5.1 Fragestellung

Eine natürliche und wahrscheinlich angeborene Aufmerksamkeit selektiv für Gesichter gehört zu den Besonderheiten der Gesichterwahrnehmung. Sie ist von zentraler Bedeutung für die Entwicklung einer Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems und Basis für soziale Kommunikation.

Das menschliche Gesicht ist also ein attraktiver Stimulus, der Aufmerksamkeit stärker auf sich zieht als andere Objekte. Über Menschen mit Autismus ist hingegen bekannt, dass sie Gesichtern kaum mehr Aufmerksamkeit zukommen lassen als anderen visuellen Stimuli und im Alltag deutlich weniger Blickkontakt zeigen als Personen ohne Entwicklungsstörung. Es ergibt sich die Frage, ob dieses Verhalten Ausdruck einer Vermeidungsreaktion ist oder ob das menschliche Gesicht für Menschen mit Autismus nicht so salient bzw. attraktiv und hervorstechend ist wie für Menschen ohne Autismus.

Um dieser Frage nachzugehen, muss eine spontane und unbewusste Reaktion auf Gesichter untersucht werden, in der Einflüsse kognitiver Prozesse aber auch die Möglichkeit einfach „wegzugucken“ weitgehend kontrolliert sind, d.h. es müsste eine möglichst frühe Stufe im Verarbeitungsprozess angesprochen werden. Zu diesem Zweck wurde eine Methode entwickelt, die untersuchen sollte, ob Gesichter so salient sind, dass sie Aufmerksamkeit von anderen belebten Objekten, nämlich Tieren, ablenkten. Das Ansprechen früher Verarbeitungsstufen sollte dabei durch eine ultrakurze Darbietungszeit der Stimuli erreicht werden, um eine möglichst spontane Antwort zu erhalten.

Die Wahl sehr kurzer Darbietungszeiten um 30 ms lehnte sich an eine Studie aus dem experimentalpsychologischen Bereich zum peripheren Sehen an. In dieser Studie wurden Fotografien natürlicher Szenen für 28 ms auf einer Panorama-Leinwand präsentiert, die im 180°-Winkel halbrund um den Probanden gespannt war (Thorpe, Gegenfurtner, Fabre-Thorpe, & Bulthoff, 2001). Die Stimuli wurden an unvorhersehbaren Orten auf der Leinwand präsentiert und es sollte erkannt werden, ob in der Szene ein Tier abgebildet war oder nicht. Die Lösungsgenauigkeit bei Bildern, die direkt zentral dargeboten wurden, lag bei 93% und nahm annähernd linear in Richtung Peripherie ab. Selbst in der weitesten Position lag die Genauigkeit noch bei 60,5%. Es konnten also auch visuelle Aufgaben höherer Ordnung mit peripherem Sehen gelöst werden. Bacon-Mace, Kirchner, Fabre-Thorpe und Thorpe (2007) beobachteten zudem, dass besonders bei kurzer

Stimuluspräsentation unter 30 bis 40 ms die Sakkaden der Probanden noch schneller andeuteten, in welcher von zwei natürlichen Szenen ein Tier abgebildet ist als in einem einzelnen Bild. Es ist also bekannt, dass es dem Menschen gut gelingt, auch ein komplexes Motiv wie zum Beispiel ein Tier bei sehr kurzer Darbietung zu erkennen.

Auch Clark, Winkelman und McIntosh (2008) nutzten solch kurze Darbietungszeiten zwischen 15 und 30 ms in einer Studie zur Gesichtererkennung bei Erwachsenen mit und ohne Autismus mit dem Ziel, den Einfluss höherer kognitiver Leistungen minimal zu halten. Die Probanden sollten verschiedene Gesichtsausdrücke unterscheiden sowie männliche von weiblichen Gesichtern und Tiere von Objekten. Die autistischen Probanden konnten zwar Tiere von Objekten und männliche von weiblichen Gesichtern unterscheiden, waren in ihrer Fähigkeit, unter sehr kurzer Präsentation Gesichtsausdrücke zu differenzieren, jedoch deutlich verschlechtert im Vergleich zu den nicht-autistischen Probanden. Die Ergebnisse zeigen, dass Personen mit ASS grundsätzlich in der Lage sind, auch Aufgaben zur Objekterkennung mit sehr kurzen Stimuluspräsentationszeiten zu bewältigen, gleichzeitig deutete sich für Gesichter ein Verarbeitungsnachteil an.

In der vorliegenden Studie wurde den Probanden die Aufgabe gestellt, bei einer Darbietungszeit von 30 ms in Bildpaaren zu entdecken, ob dort ein Tier abgebildet war. Die Tierbilder wurden entweder zusammen mit Bildern von menschlichen Gesichtern oder von Objekten präsentiert.

Für die nicht-autistischen Kinder der Kontrollgruppe wurde angenommen, dass sie sich durch die menschlichen Gesichter von dem eigentlichen Target, dem Tier, ablenken lassen würden und somit mehr Fehler oder langsamere Reaktionszeiten für die Bildpaare zeigen würden, in denen neben dem Tier ein menschliches Gesicht abgebildet war als wenn das Tier neben einem Objekt präsentiert wurde.

Für die Kinder der Autismus-Gruppe wurde angenommen, dass das menschliche Gesicht auch in frühen Phasen der visuellen Wahrnehmung nicht so bedeutungshaltig ist wie für nicht-autistische Kinder und sich entsprechend kein herausragender Einfluss des menschlichen Gesichts auf die Leistungen oder Reaktionszeiten zeigen würde.

## 5.2 Methode

### *Versuchspersonen*

In dieser Studie wurden zunächst 20 Kinder mit Autismus-Spektrum-Störung erhoben (HFA:  $N = 6$ ; AS:  $N = 14$ ). Drei der Kinder (HFA:  $N = 1$ ; AS:  $N = 2$ ) zeigten nicht genügend richtige Lösungen, so dass sie das Einschlusskriterium (vgl. 5.3 Ergebnisse) verfehlten und ihre Daten nicht in die Auswertung eingingen. Entsprechend wurden 17 nicht-autistische Kinder für die Kontrollgruppe zusammengestellt. In dieser Gruppe erreichten alle Probanden das Einschlusskriterium.

Alle Versuchsteilnehmer waren männlich und zwischen 9 und 15 Jahren alt (Tabelle 3). Die Kinder der Autismus-Gruppe waren durchschnittlich 12.0 Jahre alt ( $SD = 1.9$ ) mit einem mittleren IQ-Wert von  $M = 103$  ( $SD = 15.8$ ; Range: 73 - 133). Das Durchschnittsalter der nicht-autistischen Kinder betrug 12.7 Jahre ( $SD = 2.2$ ) und ihr mittlerer IQ-Wert lag bei  $M = 110$  ( $SD = 14.5$ ). Die beiden Gruppen unterschieden sich in diesen Variablen nicht signifikant voneinander,  $t_{IQ}(32) = 1.39$ ,  $p = .17$  und  $t_{Alter}(32) = .92$ ,  $p = .38$ .

*Tabelle 3. Alter in Jahren und IQ-Werte für die Versuchsteilnehmer getrennt nach Gruppen.*

		Kontrollgruppe	Autismus-Gruppe
IQ	<i>M</i>	110	103
	<i>SD</i>	14.5	15.8
	Range	77-132	73-133
Alter	<i>M</i>	12.7	12.0
	<i>SD</i>	2.2	1.9
	Range	9-15	9-15
<i>N</i>		17	17

### *Stimuli und Apparatur*

Als Stimuli dienten in dieser Studie Bildpaare, die sich aus zwei einzelnen Fotografien zusammensetzten. Die Motive der einzelnen Fotos zeigten entweder Tiere, Menschen oder Objekte. Sie wurden sowohl aus der Corel Photo Library als auch aus dem privaten Besitz der Autorin bezogen.

Die Tierbilder beinhalteten Säugetiere und Vögel. Es wurde darauf Wert gelegt, nur Tierarten zu präsentieren, mit denen deutsche Kinder in der Altersgruppe von 9 bis 15 Jahren vertraut sind. Daher fiel die Wahl auf Haus-, Wald- und Nutztiere aus dem mitteleuropäischen Raum oder sehr bekannte exotische Tierarten wie beispielsweise Elefanten, Bären oder Tiger. Ähnlich wie für die Tiere galt auch für die ausgewählten

Objekte, dass sie den Versuchsteilnehmern hoch vertraut sein sollten. Diese Fotos zeigten also beispielsweise Fahrzeuge, Pflanzen, Häuser, Früchte oder prototypische Landschaftsaufnahmen. Um auch bei den Bildern mit menschlichem Motiv eine hohe Vertrautheit zu garantieren, beinhalteten diese nur Abbildungen von Personen kaukasischer Herkunft. Die Bilder umfassten Erwachsene wie Kinder jeden Alters und beiderlei Geschlechts. Alle Gesichter waren in frontaler Ansicht zu sehen. Für die Bilder aller Kategorien galt, dass die Aufnahmequalität sowie der Bildausschnitt das sofortige Erkennen des Motivs ermöglichen mussten.

Jeweils zwei Fotos wurden zu Bildpaaren zusammengesetzt. Die Zusammensetzung erfolgte so, dass sich dabei drei Kategorien von Bildpaaren ergaben: für die Stimuluskategorie „Tier“ wurden Bilder von Tieren mit Bildern von Objekten gepaart, für die Stimuluskategorie „Mensch“ wurden Tierbilder mit Bildern von Menschen zusammengestellt und in der Stimuluskategorie „Distraktor“ wurden Objekte neben anderen Objekten oder Menschen präsentiert (vgl. Abbildung 6). Bei der Zusammenstellung wurde darauf geachtet, dass die Bilder eine gewisse Ähnlichkeit in Farbe und / oder Form des Motivs aufwiesen. Diese Einschätzung wurde subjektiv durch die Autorin vorgenommen.

Insgesamt gab es pro Kategorie 40 Bildpaare (3 Kategorien x 40 Bildpaare = 120 Stimuli; siehe Anhang G), hinzu kamen weitere 18 Bildpaare für Instruktion und Lernphase des Versuchs (s.u.). Die Größe der Bildpaare auf dem Präsentationsbildschirm betrug ca. 7 cm x 13 cm. Die Versuchsteilnehmer saßen in einem Abstand von 70 cm zum Bildschirm. Daraus resultierte ein Sehinkel von  $3.17^\circ \times 5.89^\circ$ .

Die Stimuli wurden nacheinander für jeweils 30 ms mittig vor schwarzem Hintergrund auf einem Computerbildschirm dargeboten. Zwischen den Stimuli erschien in der Mitte des Bildschirms ein weißes Fixationskreuz, denn es war bei der kurzen Darbietungszeit besonders wichtig, dass die Probanden ihren Blick nicht abschweifen ließen. Das Interstimulus-Intervall, in dem die Versuchspersonen auf die Stimuli reagieren konnten, umfasste 2 000 ms. Der nächste Stimulus erschien auch, wenn keine Antwort gegeben worden war. Um die gestellte Aufgabe lösen zu können, hielten die Versuchspersonen zwei Tasten in den Händen, die mit den Daumen gedrückt werden konnten. Die Präsentation der Stimuli sowie die Aufnahme der Reaktionen wurden über das Präsentationsprogramm *Presentation 14.3* gesteuert.



„Mensch“  
(Tier – Mensch)



„Tier“  
(Tier – Objekt)



„Distraktor“  
(Objekt – Objekt oder  
Objekt – Mensch)



Abbildung 6. Beispiele für die Bildpaare der drei verschiedenen Stimuluskategorien „Mensch“ (Tier + Mensch), „Tier“ (Tier + Objekt) und „Distraktor“ (Objekt + Objekt oder Objekt + Mensch).

### Durchführung

Der Versuch begann mit einer kurzen Anleitung. Die Kinder wurden instruiert, die Reaktionstasten richtig in die Hände zu nehmen. Anschließend wurden exemplarisch nacheinander drei Bildpaare – aus jeder Stimuluskategorie eines – präsentiert (Abbildung 7). Anhand dieser Bilder wurde die Aufgabe erklärt: die Probanden sollten bei allen Bildpaaren nach Tieren suchen und immer die eine Taste drücken, wenn in dem Bildpaar ein Tier zu sehen war und die andere Taste, wenn in dem Bildpaar kein Tier abgebildet war. Diese Entscheidung sollte möglichst schnell vorgenommen werden. Die Zuordnung der Tasten zu den Antworten war dabei ausgeglichen und über die Händigkeit kontrolliert, so dass die Targettaste von der einen Hälfte der Kinder mit der dominanten und von der anderen Hälfte der Kinder mit der nicht- dominanten Hand gedrückt wurde.

Um sicherzustellen, dass der Proband die Aufgabe verstanden hatte, und damit er sich an die sehr kurze Präsentationszeit gewöhnen konnte, folgte eine kurze Übungsphase. In dieser wurden 15 Bildpaare entsprechend der folgenden Testphase mit 30 ms

Darbietungszeit präsentiert. Diese Bilder wiederholten sich nicht in der Testphase. Die Antworten aus der Übungsphase gingen nicht in die Auswertung ein.

Im Anschluss an die Übungsphase bekam der Proband noch einmal die Gelegenheit eventuell entstandene Fragen zu stellen. Dann folgte die Testphase. In dieser wurden in randomisierter Reihenfolge alle 120 Bildpaare präsentiert. Jeweils nach den ersten und zweiten 40 Stimuli konnte optional eine Pause gemacht werden, wovon jedoch keines der Kinder Gebrauch machte. Die Gesamtdurchführungszeit - mit Instruktion - betrug ca. 6 Minuten.



Abbildung 7. Versuchsaufbau, in der Instruktionsphase aufgenommen.

### *Versuchsdesign*

Mit dem vorliegenden Versuchsdesign sollte die Frage untersucht werden, ob Gesichter hervorstechender als andere visuelle Stimuli wie beispielsweise Tiere sind. Dafür wurden Bilder von Tieren sowohl neben unbelebten Objekten als auch neben menschlichen Gesichtern präsentiert und die Tiere den Probanden als „Targets“ vorgegeben. Sollte das menschliche Gesicht tatsächlich von größerer Attraktivität sein, müsste es in Kombination mit einem Tierbild von diesem Ablenken und somit die eigentlicher Aufgabe des Probanden, nach Tieren zu suchen, stören. Diese Ablenkung müsste sich in den Reaktionszeiten und / oder der Lösungsgenauigkeit widerspiegeln. Die kurze Darbietungszeit wurde bewusst gewählt, damit der Proband etwaige Ablenkung durch Gesichter nicht durch Blickbewegungen während der Stimuluspräsentation oder kognitive Prozesse ausgleichen konnte. Der Zeitdruck und die kurze Darbietungszeit sollten also eine frühe und spontane Reaktion auf Gesichter ansprechen.

Als abhängige Variable wurden die Anzahl der richtigen Zuordnung der Bildpaare sowie die Reaktionszeiten gemessen und zwischen den verschiedenen Stimuluskategorien verglichen. Der für die Fragestellung relevante Vergleich war dabei der zwischen der „Tier“- und der „Mensch“-Kategorie.

### 5.3 Ergebnisse

Für die Auswertung wurden zunächst die Richtiglösungen ermittelt. Ausgeschlossen wurden Probanden, deren Richtiglösungen in einer der drei Stimuluskategorien mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittel abwichen. Es wurde angenommen, dass diese Abweichungen durch mangelnde Aufmerksamkeit verursacht wurden. Entsprechend wurden sie als Ausreißer gewertet (Field, 2009). Dadurch gingen die Daten von 17 autistischen und 17 nicht-autistischen Kindern in die Analysen ein.

#### *Richtiglösungen*

In den beiden für die Fragestellung relevanten Stimuluskategorien „Tier“ und „Mensch“ erkannten die Kinder der Autismus-Gruppe das Tier auf den Bildern beider Kategorien gleich häufig ( $M_{Tier} = 34.71$ ,  $SD_{Tier} = 4.24$ ;  $M_{Mensch} = 34.71$ ,  $SD_{Mensch} = 4.22$ ). Die Kinder der Kontrollgruppe erkannten das Tier auf durchschnittlich 38,4 Bildern ( $SD = 1.9$ ) der Tier-Kategorie und auf 37.5 Bildern ( $SD = 2.2$ ) der Mensch-Kategorie.

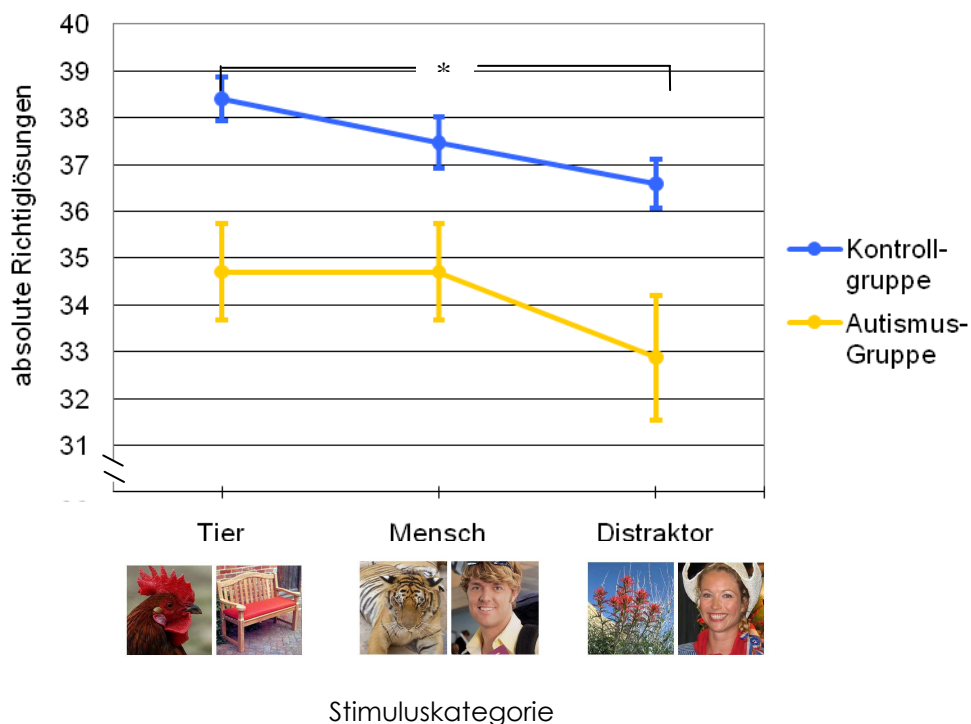


Abbildung 8. Richtiglösungen in absoluten Anzahlen mit Standardfehlern für die drei Stimuluskategorien (Tier, Mensch, Distraktor) getrennt nach Autismus- und Kontrollgruppe.

Die Richtiglösungen wurden mit einer zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor „Stimuluskategorie“ (drei Messwiederholungen: „Tier“, „Mensch“, „Distraktor“) und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ (Autismus-Gruppe,

Kontrollgruppe) ausgewertet. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für die Gruppe dahingehend, dass die Kinder der Kontrollgruppe insgesamt ein höheres Niveau an Richtiglösungen erreichten als die Kinder der Autismus-Gruppe,  $F(1, 32) = 11.998$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2 = .273$  (vgl. Abbildung 8). Die varianzanalytische Auswertung ergab weiterhin einen Haupteffekt für die Stimuluskategorie,  $F(2, 64) = 4.040$ ,  $p = .022$ ,  $\eta^2 = .112$ . Den post-hoc Tests zufolge begründete sich dieser in signifikant weniger Richtiglösungen für die Distraktoren als für die Bilder der „Tier“-Kategorie ( $p = .006$ ).

Es fand sich keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Stimuluskategorie,  $F(2, 64) = .333$ ,  $p = .718$ .

### Reaktionszeiten

In beiden Probandengruppen lagen die Reaktionszeiten für die Bilder der Stimuluskategorie „Tier“ ( $M_{\text{Autismus}} = 701.15$ ,  $SD_{\text{Autismus}} = 156.48$  ;  $M_{\text{Kontrollgr}} = 690.94$ ,  $SD_{\text{Kontrollgr}} = 100.00$ ) niedriger als die der Kategorie „Mensch“ ( $M_{\text{Autismus}} = 709.32$ ,  $SD_{\text{Autismus}} = 162.43$  ;  $M_{\text{Kontrollgr}} = 692.20$ ,  $SD_{\text{Kontrollgr}} = 105.20$ ).

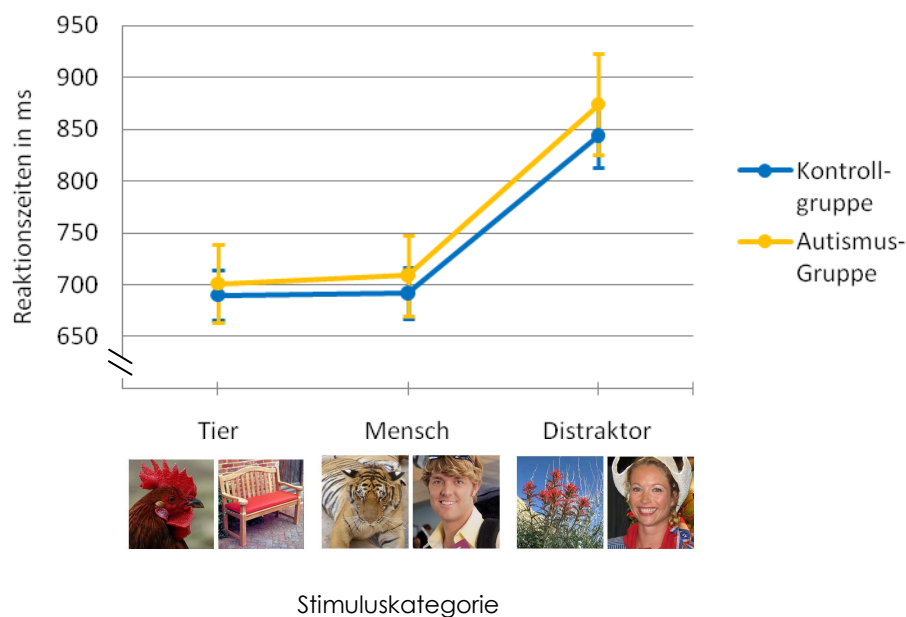


Abbildung 9. Reaktionszeiten in ms mit Standardfehlern für die drei Stimuluskategorien (Tier, Mensch, Distraktor) getrennt nach die Autismus- und die Kontrollgruppe.

Zur Analyse der Reaktionszeiten wurde ebenfalls eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor „Stimuluskategorie“ und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ durchgeführt. In die Analyse gingen nur die

Reaktionszeiten der Richtiglösungen ein. Es zeigte sich ein Haupteffekt für die Stimuluskategorie,  $F(1, 64) = 101.192$ ,  $p = .000$ ,  $\eta^2 = .760$ , der sich hauptsächlich durch langsamere Reaktionen bei den Distraktoren als bei den anderen beiden Stimuluskategorien erklärte (beide  $p = .000$ ).

Es fanden sich keine Gruppenunterschiede,  $F(1, 32) = .163$ ,  $p = .689$ , und keine signifikante Interaktion von Gruppe und Stimuluskategorie,  $F(2, 64) = .326$ ,  $p = .723$ .

## 5.4 Diskussion

In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob Gesichter für Kinder mit und ohne ASS von so großer Attraktivität sind, dass sie Aufmerksamkeit von anderen belebten Objekten ablenken.

In Bezug auf die Richtiglösungen zeigte sich in den absoluten Zahlen ein hypothesenkonformer Trend dahin gehend, dass nicht-autistische Kinder mehr Fehler beim Erkennen von Tieren machten, wenn diese zusammen mit menschlichen Gesichtern dargeboten wurden als wenn sie mit Objekten präsentiert wurden. Die autistischen Kinder zeigten hingegen für beide Bedingungen exakt gleich viele Richtiglösungen. In der varianzanalytischen Auswertung erwies sich dieser Trend jedoch nicht als statistisch relevant. In den Reaktionszeiten war dieser Zusammenhang zwischen Tierbildern mit und ohne menschliches Gesicht nicht zu beobachten.

Insgesamt zeigte sich in beiden Probandengruppen eine abweichende Verarbeitung der Distraktoren. Sie wurden deutlich langsamer und mit mehr Fehlern verarbeitet. Dieses Ergebnis spiegelt ein erschwertes Erkennen von nicht-belebten Objekten und natürlichen Szenen wider, zumindest wenn diese mit sehr kurzer Darbietungszeit präsentiert werden.

Die Kinder der Autismus-Gruppe machten insgesamt mehr Fehler als die Kinder der Kontrollgruppe. In den Reaktionszeiten zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Der Gruppeneffekt für die Richtiglösungen bildet vermutlich ab, dass die Aufgabe für die autistischen Kinder schwerer war als für die nicht-autistischen Kinder.

Die statistischen Auswertungen der Richtiglösungen und Reaktionszeiten lassen weder für Kinder mit ASS noch für die nicht-autistischen Kinder Hinweise auf eine besondere Attraktivität von Gesichtern auf frühen Stufen der Verarbeitung erkennen.

Bisherige Studien konnten jedoch mit unterschiedlichen Methoden zumindest für nicht-autistische Kinder eine verstärkte Aufmerksamkeit für Gesichter zeigen (z.B. Hershler & Hochstein, 2005; Morton & Johnson, 1991). Diese Studien sprachen aber im Allgemeinen nicht explizit frühe Stufen der Verarbeitung an. Es ist also zu überlegen, ob sich eventuell auf frühen Stufen der Verarbeitung für Kinder keine so ausgeprägte Präferenz für Gesichter finden lässt wie angenommen. Gegen diese Überlegung spricht jedoch, dass sich bei den Kindern der Kontrollgruppe in den absoluten Zahlen der Richtiglösungen ein Hinweis auf eine verstärkte Ablenkbarkeit durch Gesichter fand, vor allem im Vergleich zu den autistischen Kindern, die diesen Trend überhaupt nicht zeigten.

Hinzu kommt, dass die Kinder der Autismus-Gruppe insgesamt sehr viel mehr Fehler machten als die Kinder der Kontrollgruppe. Viele Studien berichten einen solchen Unterschied zwischen den Gruppen, wenn es um Aufgaben zur Gesichtsverarbeitung geht (z.B. T. F. Clark, et al., 2008; Hauck, et al., 1998; Wolf, 2006). Diese werden im Allgemeinen als Zeichen dafür verstanden, dass die Bearbeitung der Aufgabe für die autistischen Probanden schwerer war, wofür wiederum abweichende neuronale Verarbeitungsmustern verantwortlich gemacht werden.

Das gewählte Untersuchungsdesign weist gewisse Unzulänglichkeiten auf. Insbesondere ist der Einfluss des visuellen Gedächtnisses unklar, aber auch der anderer kognitiver Funktionen, welcher zwar durch die Wahl kurzer Darbietungszeiten klein gehalten werden sollte, aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Es stellt sich die Frage, ob eine Verhaltensbeobachtung die optimale Operationalisierung der vorliegenden Fragestellung darstellt. Verhaltensreaktionen spiegeln immer das Ergebnis vieler individueller Prozesse wieder, so dass Reaktionszeiten und Lösungsgenauigkeit schwer einzelnen kognitiven Prozessen zuzuordnen sind. Im EEG mit seiner hohen zeitlichen Auflösung ergeben sich diese Schwierigkeiten hingegen nicht. EKPs geben eine kontinuierliche Messung der Verarbeitung zwischen Stimulus und Reaktion, so dass sich feststellen lässt, auf welcher Stufe der Verarbeitung welche neuronalen Reaktionen oder gegebenenfalls Abweichung davon auftreten. Mit dieser Methode lässt sich also der Einfluss anderer Prozesse besser kontrollieren.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, die immerhin eine stärkere Aufmerksamkeit für Gesichter bei nicht-autistischen Kindern und keine besondere Aufmerksamkeit für Gesichter bei autistischen Kindern auf Verhaltensebene für frühe Stufen der Gesichtsverarbeitung andeuten, motivieren die Frage nach der frühen Bedeutungshaltigkeit von Gesichtern auch auf neuronaler Ebene.

## 6. STUDIE 2: STRUKTURELLE ENKODIERUNG VON GESICHTERN

### 6.1 Fragestellung

In der visuellen Verarbeitung von Gesichtern gilt nach dem Modell von Bruce und Young (1986; siehe 3.2.4.3) die strukturelle Enkodierung als die früheste identifizierbare Verarbeitungsstufe. Sie markiert den Moment, in dem ein Gesicht vom gesichterverarbeitenden System als solches erkannt wird. Beobachtbar wird dieser Moment auf neuronaler Ebene durch das EKP N170 (Bentin & Deouell, 2000). Diese Komponente wird stärker durch Gesichter als durch Objekte hervorgerufen. Dabei scheint die einmalige Struktur von Gesichtern ausschlaggebend zu sein, denn die Identität des betrachteten Gesichts oder sein emotionaler Ausdruck nehmen keinen Einfluss auf die Komponente (z.B. Bentin, et al., 1996; Bentin & Deouell, 2000; Eimer & Holmes, 2002). Diese Aspekte werden wie auch andere Kategorisierungen erst später verarbeitet, so dass die N170 insgesamt recht unbeeinflusst von höheren kognitiven Prozessen ist. Die Komponente eignet sich damit hervorragend für die Untersuchung der Frage, ob Gesichter auf frühen Stufen der Verarbeitung für den Betrachter einen besonderen Stellenwert haben, indem sie entweder zwischen Gesichtern und Objekten unterscheidet oder nicht.

Für die Untersuchung einer autistischen Stichprobe bot sich zudem aus mehreren Gründen an, zum Evozieren der N170 nicht nur reale Abbildungen von Gesichtern in Form von Fotografien heranzuziehen, sondern auch einfachere Abbildung wie Strichzeichnungen, die weniger komplex und weniger realistisch sind. Die Literatur beschreibt bei Kindern und Erwachsenen mit autistischen Störungen einschlägig eine Abneigung gegen Blickkontakt. Diese zeigt sich nicht nur im realen Umgang mit Personen, sondern auch im experimentalen Bereich, wenn Fotografien als Stimuli vorgelegt werden. Für Experimente mit gezeichneten Gesichtern, zum Beispiel in Form von Comicfiguren oder Trickfilmsequenzen zeigt sich oft ein anderes Bild. So unterschieden sich beispielsweise Kinder und Jugendliche mit Autismus nicht von den nicht-autistischen Probanden darin, wie lange sie Cartoon-Szenen betrachteten (Riby & Hancock, 2009b). Die autistischen Teilnehmer zeigten jedoch weniger Aufmerksamkeit für Filmsequenzen mit echten menschlichen Akteuren. Auch das Blickverhalten von autistischen Kindern innerhalb von comicähnlichen Szenen, die eine gezeichnete menschliche Figur beinhalteten, war ähnlich wie bei den nicht-autistischen Kontrollkindern (van der Geest,

Kemner, Camfferman, Verbaten, & van Engeland, 2002): beide fixierten häufiger und länger die Comic-Figuren als Objekte und auch die Dauer der ersten Fixierung auf die menschliche Figur unterschied sich nicht zwischen den Gruppen.

Von Autismus betroffene Menschen oder ihre Bezugspersonen berichten oft von einer Präferenz für Comics und Cartoons gegenüber beispielsweise Filmen im realen Format. In manchen Studien, die ebenfalls gezeichnete Bilder als Stimulusmaterial verwendeten, ließen sich bei den autistischen Probanden selektiv nur für die Comic-Gesichter die gesichtstypischen Verarbeitungsstrategien beobachten. Rosset et al. (Rosset, et al., 2008) berichten, dass Kinder mit ASS zwar genauso gut wie die Kontrollkinder emotionale Gesichtsausdrücke von Fotografien von Gesichtern, menschlichen Cartoon-Gesichtern und nicht-menschlichen Cartoon-Gesichtern ablesen konnten. Dabei verarbeiteten die Kinder der Kontrollgruppe jedoch alle Gesichtertypen konfigural, während die autistischen Kinder nur bei den Cartoon-Gesichtern eine konfigurale Verarbeitungsweise zeigte, nicht aber bei den realen Gesichtern. Die Autoren vermuten, dass sich die Bevorzugung von Cartoon-Gesichtern gegenüber realen Gesichtern unter anderem daraus erklärt, dass Cartoon-Gesichter keine Stimuli sind, mit denen eine soziale Interaktion möglich ist.

Strichzeichnungen wie Smileys stellen den strukturellen Prototyp von Gesichtern dar: alle Gesichter weisen zwei Augen über einer Nase über einem Mund auf, welche von einem Oval umgeben sind. Obwohl eben solche Strichzeichnungen eine absolut unrealistische Abbildung von Gesichtern darstellen, evozieren sie trotzdem eine robuste N170 und unterstreichen damit, dass die N170 sensitiv für die gesichtstypische Struktur ist. Schematische Gesichter werden daher in vielen Studien zur Untersuchung der strukturellen Enkodierung eingesetzt (Bentin & Golland, 2002; Bentin, et al., 2006; Latinus & Taylor, 2006; Letourneau & Mitchell, 2008; L. S. Scott & Nelson, 2006).

Inwiefern aber die strukturelle Komplexität bzw. der Realitätsgehalt von Gesichtern einen modulierenden Einfluss auf die N170-Antwort hat, ist bisher bei Kindern noch nie im direkten Vergleich untersucht worden.

Die Verwendung einfacher und komplexer bzw. realistischer Gesichter zur Untersuchung der N170 verspricht also einerseits bei den autistischen Kindern ein gewisses Interesse am Stimulusmaterial sicher zu stellen und erhöht gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gesichtsbezogene N170, denn es ist möglich, dass autistische Kinder auch auf neuronaler Ebene Verarbeitungsvorteile für einfache Gesichter zeigen. Desweiteren eröffnet der Einsatz unterschiedlicher Gesichtertypen die Möglichkeit,



den Einfluss der strukturellen Komplexität bzw. Realität von Gesichtern auf die strukturelle Enkodierung in beiden Probandengruppen noch genauer untersuchen zu können.

Insgesamt finden sich bisher nur wenige EEG-Studien zur N170 bei Menschen mit Autismus. Die meisten betreffen Kinder im Altersbereich von unter 6 Jahren oder Erwachsene und präsentieren sehr heterogene Befunde (z.B. Gunji, et al., 2009; McPartland, et al., 2004; Webb, et al., 2006). Über den dazwischen liegenden Altersbereich liegen bisher im Prinzip keine Daten vor. Außerdem verwendeten alle bisherigen Studien zur N170 bei Menschen mit Autismus als Stimulusmaterial ausschließlich Fotografien von Gesichtern und Objekten.

Die vorliegende Studie untersuchte die frühe neuronale Antwort auf Gesichter bei autistischen und nicht autistischen Kindern anhand der N170, die die strukturelle Enkodierung von Gesichtern repräsentiert.

Untersucht werden sollte, ob die durch Gesichter evozierte N170 bei autistischen Kindern mit denselben charakteristischen Merkmalen hervorgerufen wird wie bei gleichaltrigen nicht-autistischen Kindern. Diese Gesichtsspezifität sollte sich in Form von einer Rechtslateralisierung des Signals sowie insgesamt größeren Amplituden und kürzeren Latenzen für Gesichter gegenüber Objekten niederschlagen.

Zusätzlich sollte erhoben werden, wie differenziert die strukturelle Enkodierung in Form der N170 im autistischen und nicht-autistischen gesichterverarbeitenden System auf unterschiedliche strukturelle Komplexität reagiert. Es wurde dabei untersucht, ob der strukturelle Prototyp von Gesichtern, also einfache Smileys, die N170 bei autistischen und nicht-autistischen Kindern deutlicher hervorruft als inhaltlich komplexere Abbildungen von Gesichtern wie Fotografien.

Autistischen Kindern zwischen 9 und 15 Jahren und den in Alter und IQ parallelisierten Kontrollkindern wurden während einer EEG-Ableitung Fotografien von Gesichtern, gezeichnete Cartoon-Gesichter und Smileys präsentiert, sowie Bilder von Händen und Schmetterlingen als Objekte. Für alle Stimuluskategorien wurden die beiden frühen visuell evozierten Potentiale N170 und P1 bestimmt.

Die Auswertung der N170 erfolgte hypothesengeleitet. In beiden Probandengruppen wurden zunächst die typischen Merkmale der Komponente genauer analysiert. Anschließend wurden die gesichtsevozierte N170 und die objektevozierte N170

miteinander verglichen. Darauf folgte der Vergleich der N170-Komponenten, die durch die unterschiedlichen Gesichtertypen hervorgerufen wurden.

Zusätzlich wurde die P1 ermittelt, da diese ebenfalls ein frühes visuell evoziertes Potential ist, das sich in manchen Studien sensibel für Gesichter gezeigt hat. Da ihre konkrete Rolle in der Gesichtsverarbeitung aber bisher noch unklar ist, erfolgte die statistische Auswertung der P1 explorativ.

## 6.2 Methode

### *Versuchspersonen*

An der Studie nahmen 22 Kinder ohne Autismus und 21 Kinder mit Autismus teil. Eines der autistischen Kinder hatte aufgrund einer Überempfindlichkeit gegenüber Berührungen im Kopfbereich bereits im Vorhinein die Teilnahme am EEG-Teil des Projekts abgelehnt. Bei einem Kind der Kontrollgruppe gab es während der EEG-Ableitung technische Schwierigkeiten, so dass für diesen Probanden keine auswertbare Aufnahme zur Verfügung stand. In die Auswertung gingen demnach die Daten von jeweils 21 Probanden pro Gruppe ein. Diese Kinder unterschieden sich nicht signifikant in Alter und IQ,  $t_{\text{Alter}}(40) = .10, p = .92$  und  $t_{\text{IQ}}(40) = 1.12, p = .27$  (vgl. Tabelle 4).

*Tabelle 4.* IQ-Werte und Altersangaben in Jahren der Kinder der Autismus- und Kontrollgruppe.

		Kontrollgruppe	Autismus-Gruppe
IQ	M	107	101
	SD	16.2	17.8
	Range	77-132	73-133
Alter	M	12.9	12.8
	SD	2.0	2.1
	Range	9-15	9-15
N		21	21

### *Stimuli und Apparatur*

Das Stimulusmaterial umfasste drei verschiedene Kategorien von Stimulus-Gesichtern (Fotos, Cartoons und Smileys) und zwei Objekt-Kategorien (Hände und Schmetterlinge). Es handelte sich um Fotografien und Zeichnungen (vgl. Abbildung 10).

Die „Foto“-Kategorie beinhaltete Schwarz-Weiß-Fotografien von Gesichtern mit neutralem Gesichtsausdruck. Die Aufnahmen waren unter konstanten

Belichtungsverhältnissen vor einem weißen Hintergrund gemacht worden. Jeweils die Hälfte der Bilder zeigte männliche bzw. weibliche Personen im Alter zwischen ca. 20 und 40 Jahren. Die Gesichter waren in frontaler Ansicht aufgenommen und zeigten den gesamten Kopf mit Halsansatz und natürlicher Frisur. Es waren keine Kleidungsstücke zu sehen, eventuelle Hautunreinheiten oder –auffälligkeiten wurden mit dem Bildbearbeitungsprogramm Photoshop 6.0 retuschiert.

Bei den Bildern der „Cartoon“-Kategorie handelte es sich um comic-ähnliche Zeichnungen von Gesichtern. Diese waren extra für die Studie angefertigt worden, um Ähnlichkeiten zu bereits existierenden Comic- oder Cartoon-Figuren zu vermeiden. Wie auch bei den Fotos zeigten diese Bilder männliche und weibliche Gesichter in Frontalansicht. Der Gesichtsausdruck war überwiegend neutral.

Die Stimulus-Kategorie „Smiley“ umfasste simple Strichzeichnungen von Gesichtern: zwei einfache Punkte als Augen, ein vertikaler Strich als Nase, ein horizontaler Strich als Mund und eine ovale Umrandung. Typischerweise „lächelten“ einige der Gesichter dieser Kategorie leicht. Bei anderen war der Mund gerade gehalten oder leicht nach unten verzogen.

Die drei Gesichter-Kategorien variierten also in der Komplexität ihrer Informationen von realen Aufnahmen über Cartoon-Zeichnungen hin zu den einfachen Strichzeichnungen. Für einige Berechnungen wurden die Bilder aller drei Kategorien zu einer Gesamt-Kategorie „Gesicht“ zusammengefasst.

Die beiden Objekt-Kategorien umfassten Fotografien von männlichen und weiblichen Händen („Hand“) und Schmetterlingen („Schmetterling“). Hände wurden wie bei Bentin et al. (1996) als Stimulusmaterial gewählt, weil sie wie das Gesicht einen Körperteil abbildeten und somit nicht nur für den Betrachter hoch vertraut waren, sondern auch im Bild ähnliche Oberflächeninformationen zeigten wie Gesichter im Sinne von Helligkeit, Struktur und Sättigung. Die Auswahl von Schmetterlingen als zweite Objektkategorie und Targets des Experiments geschah ebenfalls in Anlehnung an die Arbeitsgruppe um Bentin (Bentin, et al., 1996; Sagiv & Bentin, 2001).

Die Schmetterling-Kategorie umfasste 30 verschiedene Abbildungen von Schmetterlingen. Für alle anderen Stimulus-Kategorien lagen jeweils 60 unterschiedliche Bilder vor. Insgesamt gab es also 270 Stimuli. Die Bilder aller Stimulus-Kategorien wurden in demselben Rahmen präsentiert. Dieser maß 10 cm x 14 cm, was bei einem Sitzabstand von 100 cm einem Sehwinkel von 3.2° x 4.4° entsprach.

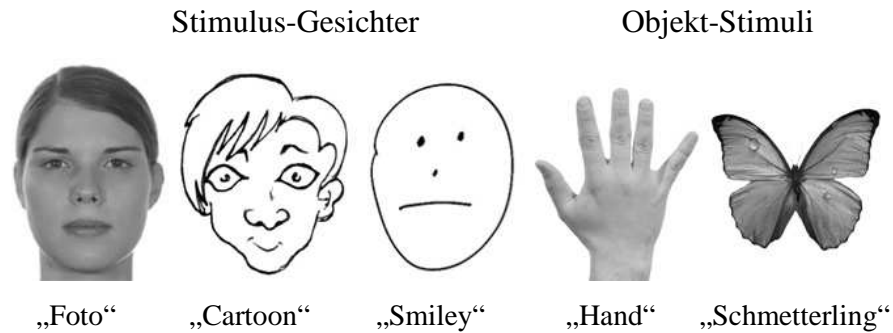


Abbildung 10. Beispiexemplare aus den fünf Stimulus-Kategorien. Die Stimulus-Gesichter umfassten Fotografien von Gesichtern, Cartoon-Gesichter und Smileys. Als Objekt-Stimuli dienten Fotografien von Händen und Schmetterlingen.

Ein Computer steuerte über die Präsentations-Software *Presentation 14.3* die Präsentation der Stimuli. Diese lief auf einem externen Monitor, der in die Rückwand einer ausziehbaren Kabine eingelassen war. Der Proband nahm im Abstand von 100 cm vor dem Monitor Platz. Für die Datenerhebung wurde die EEG-Kabine ein Stück herausgezogen, so dass der Proband während der EEG-Ableitung nur den Präsentationsmonitor sehen konnte und nicht durch die Aufnahmevorgänge im Raum visuell abgelenkt wurde.

Für die EEG-Ableitung wurden Ag/AgCl gesinterte Ringelektroden verwendet. Sie wurden über Elektrodenadapter in Softhauben (Easycap GmbH, München) integriert. Das EEG-Signal wurde über einen *BrainVision BrainAmp Verstärker* (Brain Products GmbH, Gilching) verstärkt.

Für die Aufzeichnung und spätere Auswertung des Signals stand ein separater Computer mit der *Vision Recorder* und *Vision Analyzer* Software (Brain Products GmbH, Gilching) zur Verfügung.

Alle Elemente für die Versuchssteuerung standen neben der EEG-Kabine.

### *Versuchsdurchführung*

Die Erhebung fand in einem verdunkelten Raum statt und die Versuchsleiterin war während des gesamten Ablaufs anwesend. Sie nahm neben der Kabine Platz, erklärte die Aufgabe und instruierte den Probanden, während der EEG-Ableitung möglichst still zu sitzen. Die Stimuli wurden in zufälliger Reihenfolge präsentiert und der Proband wurde gebeten, die Bilder zu betrachten und die Schmetterlinge in der Präsentation zu zählen. Weiter wurde keine Aufgabe gestellt. Das Zählen der Schmetterlinge sollte garantieren, dass die Kinder die präsentierten Stimuli auch wirklich betrachteten und zudem für eine gewisse Spannung sorgen, um ermüdungsbedingte Muskelartefakte zu verhindern. Die

Stimuli wurden auf einem grauen Hintergrund für 500 ms dargeboten, jeweils gefolgt von einem weißen Fixationskreuz. Die Länge der Interstimulus-Intervalle variierte zwischen 1 000 ms und 1 350 ms, um Priming-Effekten vorzubeugen. Die gesamte EEG-Ableitung dauerte ungefähr 7 Minuten.

### *EEG-Aufnahme und EKP-Analyse*

Das EEG-Signal wurde von 23 Elektrodenorten abgeleitet. Diese umfassten 18 Elektrodenorte entsprechend des 10/20-Systems sowie zusätzlich die Orte FT9, FT10, Oz, TP9 und TP10 (vgl. Abbildung 11). Zur Kontrolle von Augenbewegungen und Lidschlag wurde ein Elektrookulogramm (EOG) abgeleitet. Dazu wurde jeweils eine Elektrode supraorbital und eine am äußeren Epikanthus des rechten Auges befestigt. Die Elektrodenwiderstände wurden unter 10 kOhm gehalten.

Während der Datenerhebung diente die Vertex (Cz) Elektrode als Referenz. Offline wurden die Daten gegen das Mittel rereferenziert.

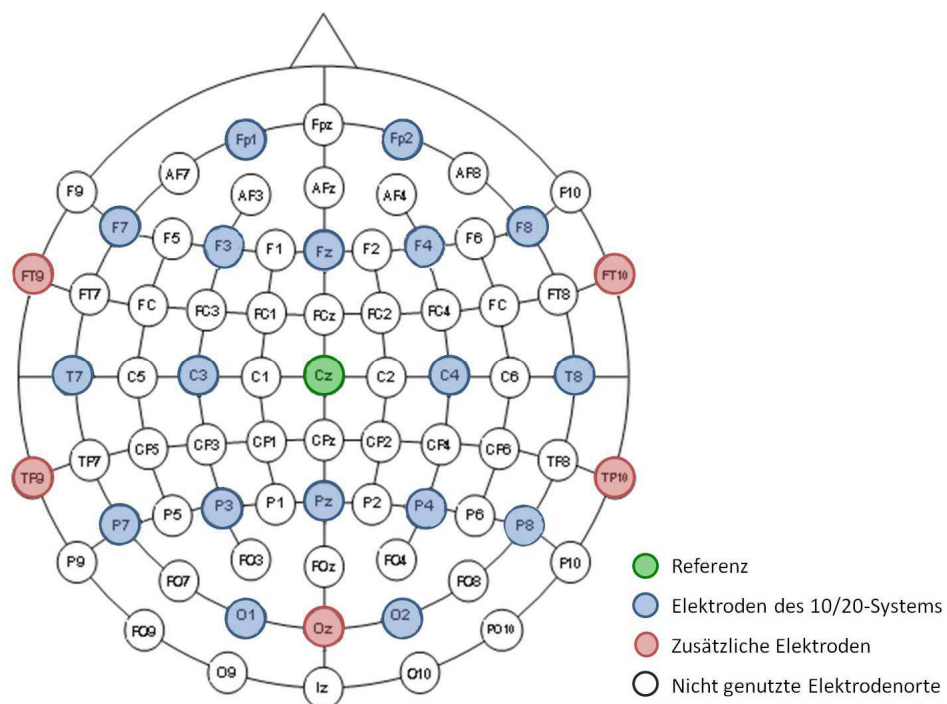


Abbildung 11. Elektrodenmontage. Das EEG wurde von 18 Elektrodenorte nach dem 10/20-System, 5 zusätzlichen Elektroden und der Cz als Referenzelektrode abgeleitet.

Das EEG wurde kontinuierlich mit einer Abtastrate von 500 Hz aufgenommen. Ein 1 000 Hz Niedrigfrequenzfilter und ein 50 Hz Notch-Filter liefen online. Offline wurde ein digitaler Filter von 0.5 – 30 Hz auf die Daten angewandt.

Bei der Artefaktbehandlung wurden Trials, in denen die Signalamplitude einer Elektrode  $\pm 150 \mu\text{V}$  überstieg, automatisch zurückgewiesen. Augenartefakte wurden nach dem Verfahren von Gratton und Coles (1983) korrigiert.

Für jedes Ereignis wurden Segmente mit einer Länge von 600 ms gebildet. Diese unterteilten sich in ein Prästimulus-Intervall von 100 ms und ein Poststimulus-Intervall von 500 ms. Die Daten wurden auf Basis des Prästimulus-Intervalls baseline-korrigiert und die Segmente pro Stimuluskategorie über alle Trials hinweg gemittelt.

Die EEG-Komponenten von Interesse waren die N170 und die P1. Die N170 wurde über posterior temporalen Regionen ermittelt. Das Zeitfenster für die Suche nach dieser Komponente wurde über die Grand-Averages der beiden Versuchsgruppen ermittelt. Für beide Gruppen ergab sich ein Latenzbereich von 150 ms bis 280 ms. Innerhalb dieses definierten Zeitfensters ermittelte ein Peak-Erkennungs-Algorithmus die N170 als das globale Maximum. Die Genauigkeit des Algorithmus wurde durch visuelle Inspektion überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Die N170 wurde an den Elektrodenorten P3, P4, P7 und P8 für jede der fünf Stimulus-Kategorien ermittelt. Zusätzlich wurde die Kategorie „Gesicht“ aus dem Mittel der Kategorien „Foto“, „Cartoon“ und „Smiley“ gebildet.

Die P1 wurde anhand desselben Vorgehens an okzipitalen und okzipito-temporalen Elektroden ermittelt. Ein Peak-Erkennungs-Algorithmus detektierte die Komponente in einem Zeitfenster von 90 ms bis 150 ms. Die Genauigkeit des Algorithmus wurde wiederum durch visuelle Inspektion überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Die P1 wurde an den Elektrodenorten O1, O2, P7 und P8 für jede der fünf Stimulus-Kategorien ermittelt.

### 6.3 Ergebnisse

Die EEG-Ableitungen konnten für alle Versuchsteilnehmer vollständig durchgeführt werden, es waren keine Abbrüche zu verzeichnen.

Beim Zählen der Schmetterlinge zeigten alle Kinder eine hohe Genauigkeit: in beiden Gruppen wurden im Mittel 29 Schmetterlinge ( $SD_{\text{Kontrollgr}} = 2.0$ ;  $SD_{\text{Autismus}} = 2.3$ ) gezählt, was darauf schließen ließ, dass die Kinder ihre Aufmerksamkeit auf die Präsentation der Stimuli gelenkt hatten.

Die Anzahl an Versuchsdurchgängen, die aufgrund eines Artefakts zurückgewiesen werden mussten, war insgesamt zufriedenstellend niedrig: aus 270 Trials pro Proband waren es in der Autismus-Gruppe durchschnittlich 7.95 ( $SD = 10.5$ ) und in der

Kontrollgruppe 6.42 ( $SD = 9.6$ ) Trials. Lediglich ein Teilnehmer der Autismus-Gruppe wies ungewöhnlich viele artefaktbehaftete Trials ( $N = 85$ ) auf und wurde daher von der anschließenden statistischen Analyse ausgeschlossen. Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich der Anzahl zurückgewiesener Segmente,  $t(38) = .465$ ,  $p = .645$ .

In der Kontrollgruppe konnte bei einem Teilnehmer die N170 nicht in allen Stimulus-Kategorien eindeutig bestimmt werden. Dieses Kind wurde ebenfalls von den folgenden Analysen ausgeschlossen.

Insgesamt gingen somit die Daten von 20 Kindern der Autismus-Gruppe und 20 Kindern der Kontrollgruppe in die statistische Auswertung ein.

### 6.3.1 N170

Bei der Auswertung der N170 wurde hypothesengeleitet vorgegangen. Es wurden zunächst in beiden Probandengruppen die Eigenschaften der N170 deskriptiv betrachtet und die Spannungsverteilung des Potentials untersucht. Im Anschluss daran wurde die gesichterevozierte N170 mit der objektevozierten N170 verglichen. Es folgte der Vergleich der N170-Komponenten, die durch die unterschiedlichen Gesichtertypen hervorgerufen wurden. Für diese Vergleiche wurde eine Serie von Varianzanalysen durchgeführt mit dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ und dem Innersubjektfaktor „Stimuluskategorie“. Der Vergleich der verschiedenen Stimulusklassen wurde separat für die Elektrodenorte vorgenommen. Die abhängigen Variablen waren die Amplitude und Latenz der N170. Bei keiner der varianzanalytischen Auswertungen zur N170 wurde die Annahme von Sphärizität verletzt. Die Analysen wurden für die Elektrodenorte P7 und P8 durchgeführt.

Abschließend wurde der Alterseinfluss auf die Ausprägung der N170 korrelativ untersucht.

#### *Deskriptive Analyse der N170-Komponenteneigenschaften*

In beiden Probandengruppen war es möglich, die N170 für alle Stimulusklassen zu bestimmen (Tabelle 5). Diese fiel über posterior temporalen Regionen maximal aus und war am differenziertesten an P8 und P7 zu beobachten. In den folgenden Analysen standen diese Elektrodenorte daher im Fokus.

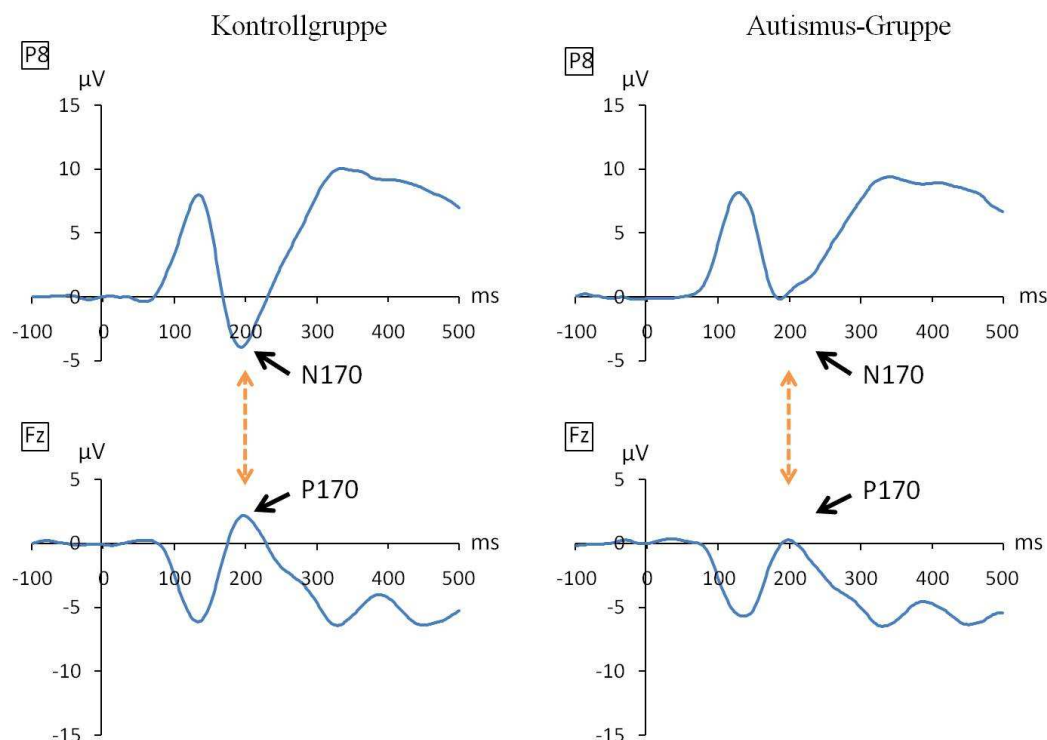


Abbildung 12. Positiver Peak (P170) an anterior zentralem Elektrodenort (Fz) zur selben Zeit wie die N170 über posterior temporalen Region der rechten Hemisphäre (P8) auftritt.

Gesichter evozierten eine robuste N170-Komponente, die an P8 mit einer mittleren Amplitude von  $-6.5 \mu\text{V}$  ( $SD = 4.8$ ) und einer Latenz von  $198.8 \text{ ms}$  ( $SD = 23.2$ ) bei den Kindern der Kontrollgruppe und mit einer mittleren Amplitude von  $-3.6 \mu\text{V}$  ( $SD = 4.3$ ) und einer Latenz von  $198.2 \text{ ms}$  ( $SD = 30.5$ ) bei den Kindern der Autismus-Gruppe auftrat. Im selben Zeitbereich zeigte sich in beiden Gruppen ein positiver Peak (P170) an anterior zentraler Stelle (Fz), Abbildung 12. Die Latenzen der P170 an Fz und der N170 an P8 unterschieden sich nicht signifikant voneinander,  $t_{\text{Kontrollgr}}(19) = -1.321$ ,  $p = .202$ ,  $t_{\text{Autismus}}(19) = -.540$ ,  $p = .596$ .

Tabelle 5. Mittlere Amplituden in  $\mu\text{V}$  (a) und Latenzen in ms (b) (mit Standardabweichungen) der N170 an P7 und P8 für alle Stimulusklassen getrennt nach Kontrollgruppe und Autismus-Gruppe.

a) N170-Amplituden in  $\mu\text{V}$

	Kontrollgruppe				Autismus-Gruppe			
	P7		P8		P7		P8	
Foto	-3.6	(4.5)	-5.5	(4.8)	-3.2	(4.6)	-3.3	(5.7)
Cartoon	-3.2	(4.4)	-6.4	(5.6)	-3.7	(6.2)	-3.1	(4.1)
Smiley	-3.4	(3.3)	-7.7	(5.3)	-3.7	(5.7)	-4.5	(4.7)
Gesicht	-3.4	(3.7)	-6.5	(4.8)	-3.5	(5.2)	-3.6	(4.3)
Hand	-3.7	(5.2)	-3.6	(4.2)	-1.6	(5.3)	-0.6	(4.1)
Schmetterling	0.2	(4.5)	-0.4	(5.7)	0.9	(6.5)	3.4	(5.8)



## b) N170-Latenzen in ms

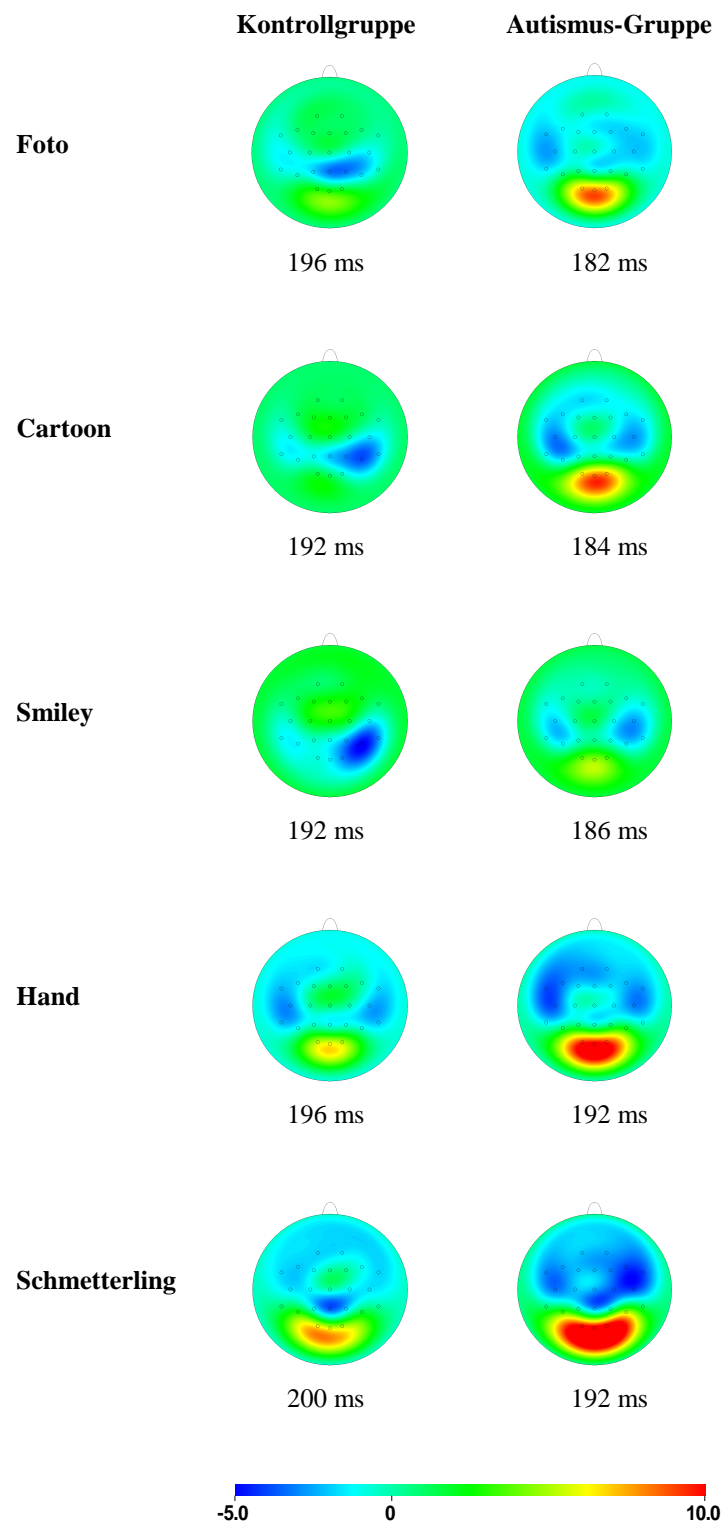
	Kontrollgruppe		Autismus-Gruppe	
	P7	P8	P7	P8
Foto	199.5 (25.4)	202.9 (26.8)	200.4 (35.5)	198.4 (34.0)
Cartoon	191.0 (23.2)	197.1 (22.7)	195.9 (26.0)	199.0 (33.8)
Smiley	198.3 (24.5)	196.4 (22.1)	199.5 (26.5)	197.3 (26.7)
Gesicht	196.3 (22.2)	198.8 (23.2)	198.6 (28.4)	198.2 (30.5)
Hand	208.3 (29.3)	213.8 (35.6)	200.2 (33.1)	211.6 (34.7)
Schmetterling	213.2 (28.6)	212.9 (36.9)	207.7 (37.4)	207.8 (39.0)

Anmerkungen. Die Zeile „Gesicht“ gibt das arithmetische Mittel aus den drei Gesichter-Kategorien „Foto“, „Cartoon“ und „Smiley“ an.

*Überprüfung der Rechtslateralisierung bei gesichterevozierter N170*

Zum Vergleich der neuronalen Aktivierung zwischen den beiden Hemisphären wurde für die durch Gesichter evozierte N170 eine Varianzanalyse mit dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ und dem Innersubjektfaktor „Hemisphäre“ durchgeführt. Für die Amplitude ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für die Hemisphäre  $F(1, 38) = 7.170$ ,  $p = .011$ ,  $\eta^2 = .159$ , in Richtung einer insgesamt stärkeren Aktivierung in der rechten Hemisphäre. Ein signifikanter Interaktionseffekt für Hemisphäre und Gruppe,  $F(1, 38) = 5.198$ ,  $p = .028$ ,  $\eta^2 = .120$ , ließ dabei den Einfluss der Gruppe erkennen. Die post hoc T-Tests getrennt nach Gruppen ergaben eine deutliche Rechtslateralisierung der Komponente in der Kontrollgruppe, d.h. die Amplitude fiel bei den nicht-autistischen Kindern über der rechten Hemisphäre signifikant größer aus als über der linken,  $F(1, 19) = 9.969$ ,  $p = .005$ ,  $\eta^2 = .344$  (vgl. Abbildung 13). In der Autismus-Gruppe hingegen unterschieden sich die Amplituden nicht zwischen den Hemisphären,  $F(1, 19) = .103$ ,  $p = .752$ .

In der Analyse der Latenzen zeigten sich keine signifikanten Effekte für Hemisphäre ( $F(1, 38) = .394$ ,  $p = .534$ ), Gruppe ( $F(1, 38) = .032$ ,  $p = .859$ ) oder Interaktionseffekte ( $F(1, 38) = .239$ ,  $p = .628$ ) der beiden Faktoren.



*Abbildung 13.* Topographische Karten der Spannungsverteilung beim Auftreten der N170. Bei den Kontrollkindern zeichnet sich für die drei Gesicht-Kategorien eine deutliche Rechtslateralisierung des Signals ab. Bei den autistischen Kindern zeigt sich die neuronale Aktivierung für alle Stimulusklassen über beiden Hemisphären gleichmäßig verteilt.

### Gesichter versus Objekte

Um zu untersuchen, ob die N170 zwischen Gesichtern und Objekten differenzierte, wurde die durch Gesichter evozierte N170 mit der N170 verglichen, die von den beiden Objektklassen (Händen und Schmetterlingen) evoziert worden war.

In beiden Gruppen konnte an den beiden Elektrodenorten P7 und P8 die N170 für Gesichter und Objekte identifiziert werden – sie war jeweils für die Gesichter deutlicher ausgeprägt als für Hände oder Schmetterlinge (Abbildung 14). An P8 waren die Amplituden in der Kontrollgruppe für alle drei Stimuluskategorien größer bzw. negativer, während sie in der Autismus-Gruppe die Nulllinie kaum schnitten.

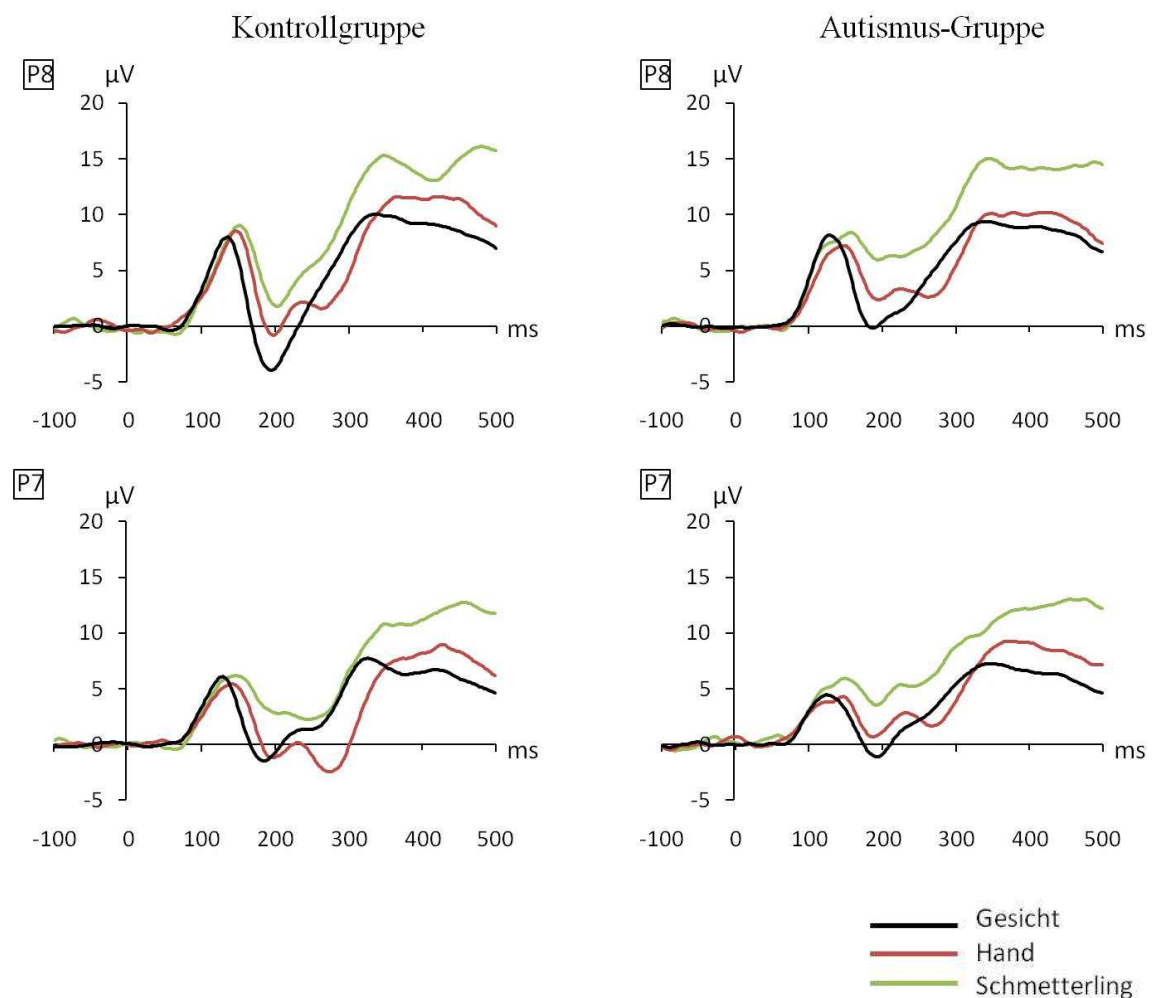


Abbildung 14. Grand-Averages für Gesichter-Stimuli und Objekte an P8 und P7. Grand-Averages der zwei Gruppen für die Gesichter-Stimuli (schwarz), die Hand-Stimuli (rot) und die Schmetterlings-Stimuli (grün). Die N170 für Gesichter ist in der Kontrollgruppe deutlich zu sehen ebenso wie die Amplitudenunterschiede zwischen den Stimulus-Klassen in beiden Gruppen.

P8. Eine Varianzanalyse mit dem Innersubjektfaktor „Stimulusklasse“ und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ ergab an P8 für die Amplitude der Komponente einen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe,  $F(1, 38) = 5.944$ ,  $p = .020$ ,  $\eta^2 = .135$ , mit größeren Amplituden in der Kontroll- als in der Autismus-Gruppe. Des Weiteren fand sich ein signifikanter Haupteffekt für die Stimuluskategorie,  $F(2, 76) = 46.763$ ,  $p < .000$ ,  $\eta^2 = .552$ . Weitere Analysen zeigten, dass die Amplituden für Gesichter signifikant größer waren als die Amplituden für Hände, welche wiederum signifikant größer waren als die Amplituden für Schmetterlinge (alle  $p < .000$ ).

Die varianzanalytische Auswertung der Komponenten-Latenz ergab ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt für die Stimuluskategorie,  $F(2, 76) = 12.561$ ,  $p < .000$ ,  $\eta^2 = .248$ . Die N170 erzielte für Gesichter signifikant kürzere Latenzen als für die beiden Objektkategorien (alle  $p < .020$ ), während sich die Latenzen für Hände und Schmetterlinge nicht voneinander unterschieden ( $p = .358$ ). In der Analyse der Latenz zeigte sich kein Haupteffekt für die Gruppe,  $F(1, 38) = .068$ ,  $p = .796$ .

Weder für die Latenz ( $F(2, 76) = .286$ ,  $p = .752$ ) noch für die Amplitude ( $F(2, 76) = .301$ ,  $p = .741$ ) fand sich eine signifikante Interaktion von Gruppe und Stimuluskategorie.

P7. An P7 wurde für die Amplitude der Haupteffekt für die Stimulusklasse signifikant,  $F(2, 76) = 13.070$ ,  $p < .000$ ,  $\eta^2 = .256$ . Die Amplituden für Schmetterlinge waren kleiner als die für Hände und Gesichter (beide  $p < .000$ ). Zusätzlich ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für die Stimulusklasse auf die Latenzen,  $F(2, 76) = 3.915$ ,  $p = .024$ ,  $\eta^2 = .093$ . Im post-hoc Test zeigten sich die Latenzen für Gesichter signifikant kürzer als die für Schmetterlinge ( $p = .007$ ). Weder für die Latenz noch für die Amplitude fanden sich Haupteffekte für die Gruppe (Latenz:  $F(1, 38) = .219$ ,  $p = .642$ ; Amplitude:  $F(1, 38) = .738$ ,  $p = .396$ ) oder Interaktionen zwischen Gruppe und Stimuluskategorie (Latenz:  $F(2, 76) = .752$ ,  $p = .475$ ; Amplitude:  $F(2, 76) = 1.165$ ,  $p = .317$ ).

### *Komplexität der Gesichter*

Zur genaueren Betrachtung der strukturellen Enkodierung von Gesichtern wurden die N170-Komponenten verglichen, die durch die unterschiedlich komplexen Gesichter evoziert worden waren.

In beiden Probandengruppen wurden die Amplituden der Komponente mit abnehmender Komplexität der Gesichtsstimuli größer (Abbildung 15): Fotos riefen die kleinsten, Cartoon-Gesichter mittlere und Smileys die größten Amplituden hervor. Auch in

diesem Vergleich zeigten sich jedoch insgesamt größere Amplituden bei den Kindern der Kontrollgruppe als bei den autistischen Kindern.

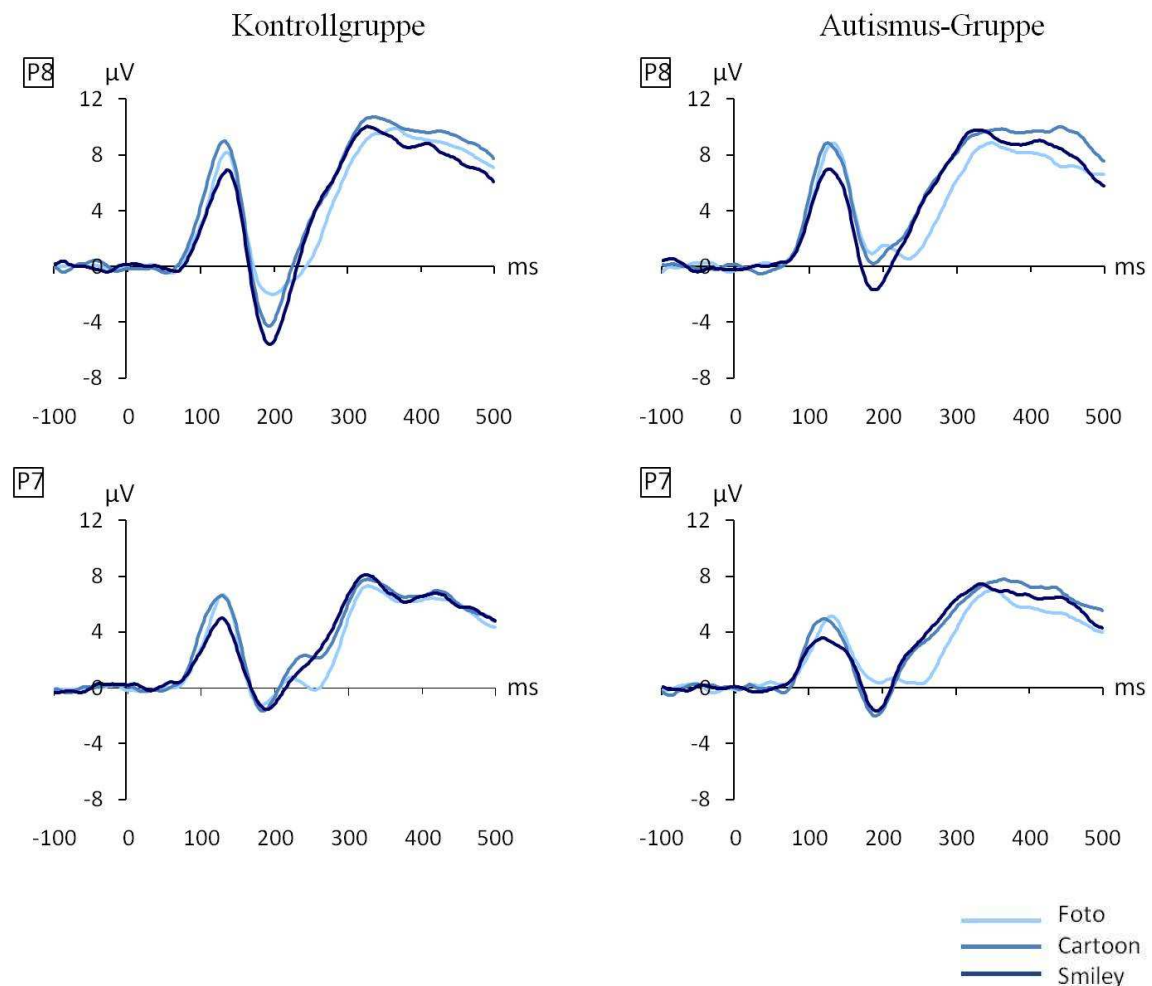


Abbildung 15. Grand-Averages für die drei Gesichterkategorien an P8. Grand-Averages für die Kontrollgruppe und die Autismus-Gruppe für die drei Stimuluskategorien „Foto“ (hellblau), „Cartoon“ (mittelblau) und „Smiley“ (dunkelblau).

P8. Die varianzanalytische Auswertung der N170-Amplitude mit dem Innersubjektfaktor „Stimulusklasse“ und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ ergab an P8 einen signifikanten Haupteffekt für die Stimuluskategorie,  $F(2, 76) = 4.208$ ,  $p = .018$ ,  $\eta^2 = .100$ . Die Amplitude war für die Smiley-Gesichter am größten. Sie unterschied sich signifikant von der Amplitude für Cartoon-Gesichter und Fotos (beide  $p < .019$ ).

Die Analyse ergab außerdem einen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe,  $F(2, 38) = 4.025$ ,  $p = .05$ ,  $\eta^2 = .096$ , mit größeren Amplituden für die Kinder der Kontrollgruppe ( $p = .052$ ). Es zeigte sich kein Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Stimulusklasse  $F(2, 76) = .536$ ,  $p = .588$ .

Für die Latenz der N170 wurden keine signifikanten Haupteffekte (Gruppe:  $F(1, 38) = .004, p = .948$  ; Stimuluskategorie:  $F(2, 76) = 1.842, p = .166$ ) oder Interaktionseffekte ( $F(2, 76) = 1.446, p = .242$ ) gefunden.

Trotz des fehlenden Interaktionseffekts zwischen Gruppe und Gesichterkategorie, wurde an dieser Stelle explorativ die N170 in Reaktion auf die drei verschiedenen Gesichtertypen auch separat in den beiden Probandengruppen analysiert. Dieses Vorgehen begründete sich zum einen damit, dass ein Ziel der Studie war herauszufinden, wie sensitiv sich das gesichterverarbeitende System für die unterschiedliche strukturelle Komplexität von Gesichtern bei gesunden Kindern sowie Kindern mit ASS zeigt. Zum Anderen deutete sich in der oben beschriebenen fehlenden Rechtslateralisierung der N170 für Gesichter bei autistischen Kindern eine herabgesetzte Ausbildung der rechtshemisphärischen Strukturen für die Verarbeitung von Gesichtern an. Die separate Analyse nach Gruppen diene also auch der Überprüfung, ob der gefundene Haupteffekt in den Amplituden für die Gesichterkategorien möglicherweise nur durch die nicht-autistischen Kinder bestimmt wurde.

Bei den nicht-autistischen Kindern fand sich sowohl in der Amplitude der N170,  $F(2, 38) = 3.373, p = .045, \eta^2 = .151$ , als auch in der Latenz,  $F(2, 38) = 4.468, p = .018, \eta^2 = .190$ , ein signifikanter Haupteffekt für die Stimuluskategorie. Bei diesen Kindern waren die Komponenten-Amplituden für Smileys signifikant größer als für Fotografien von Gesichtern ( $p = .026$ ) und Smileys und Cartoon-Gesichter evozierten kürzere Latenzen als Fotos (beide  $ps < .027$ ).

In der Gruppe der autistischen Kinder hingegen wurde die N170 von allen drei Gesichterkategorien mit ähnlichen Amplituden,  $F(2, 38) = 1.433, p = .251$ , und Latenzen,  $F(2, 38) = .139, p = .871$ , evoziert.

P7. Die varianzanalytische Auswertung an P7 ergab keine signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte.

### *Alterseffekte*

Für eine genaue Betrachtung der Entwicklung der N170 im vorliegenden Altersbereich von 9 bis 15 Jahren wurden in beiden Probandengruppen die Amplituden und Latenzen der N170 für jede Stimuluskategorie mit dem Alter korreliert. Tabelle 6 zeigt die Korrelationskoeffizienten nach Pearson. In der Kontrollgruppe korrelierten in keiner Stimuluskategorie Amplituden oder Latenzen signifikant mit dem Alter. Im Gegensatz dazu korrelierten in der Autismus-Gruppe die Latenzen aller Gesichtsstimulus-Kategorien

negativ mit dem Alter ( $r_{Foto} = -.630, p < .01$ ;  $r_{Cartoon} = -.541, p < .05$ ;  $r_{Smiley} = -.488, p < .05$ ;  $r_{Gesicht} = -.576, p < .01$ ), d.h. mit zunehmendem Alter wurden die Latenzen kürzer. Gleichzeitig korrelierten in dieser Gruppe die Amplituden aller Gesicht-Stimuluskategorien positiv mit dem Alter ( $r_{Foto} = .488, p < .05$ ;  $r_{Cartoon} = .618, p < .01$ ;  $r_{Smiley} = .702, p < .01$ ;  $r_{Gesicht} = .663, p < .01$ ). Mit zunehmendem Alter wurden die Amplituden also kleiner bzw. weniger negativ.

Latenzen und Amplituden der beiden Objekt-Kategorien (Hand und Schmetterling) korrelierten nicht signifikant mit dem Alter.

*Tabelle 6. Korrelationen der N170-Amplituden und -Latenzen gemessen an P8 mit dem Alter der Probanden.*

		Foto	Cartoon	Smiley	Gesicht	Hand	Schmetterl.	N
Kontroll- gruppe	Amplitude	.184	.226	.333	.273	-.089	.094	20
	Latenz	-.391	-.320	-.410	-.386	-.331	-.348	
Autismus- Gruppe	Amplitude	.488*	.618**	.702**	.663**	.115	.208	20
	Latenz	-.630**	-.541*	-.488*	-.576**	-.408	-.376	

Anmerkungen. \*)  $p < .05$ , \*\*)  $p < .01$

### 6.3.2 P1

Die Auswertung der P1 erfolgte explorativ. Die Komponente wurde in beiden Probandengruppen zunächst deskriptiv betrachtet, gefolgt von der statistische Auswertung der Komponenten-Amplituden und -Latenzen. Die P1 wurde für die Elektrodenorte O1, O2, P7 und P8 bestimmt.

#### *Deskriptive Analyse der P1-Komponenteneigenschaften*

In beiden Probandengruppen ließ sich eine deutliche P1 über okzipitalen (O1, O2) und posterioren Regionen (P7, P8) beobachten.

In der Kontrollgruppe trat die P1 an okzipitalen Elektroden durchschnittlich mit einer Amplitudengröße von  $M_{O1} = 16.3 \mu V$  ( $SD = 7.7$ ) bzw.  $M_{O2} = 16.9 \mu V$  ( $SD = 8.4$ ) und einer Latenz von  $M_{O1} = 127.6 \text{ ms}$  ( $SD = 10.6$ ) bzw.  $M_{O2} = 127.9 \text{ ms}$  ( $SD = 8.9$ ) auf. An parietalen Elektrodenorten war sie mit einer durchschnittlichen Amplitudengröße von  $M_{P7} = 7.1 \mu V$  ( $SD = 4.9$ ) bzw.  $M_{P8} = 9.6 \mu V$  ( $SD = 6.8$ ) und einer Latenz von  $M_{P7} = 134.5 \text{ ms}$  ( $SD = 14.8$ ) bzw.  $M_{P8} = 137.6 \text{ ms}$  ( $SD = 11.1$ ) zu beobachten (Tabelle 7).

Tabelle 7. Mittlere Amplituden in  $\mu V$  (a) und Latenzen in ms (b) der P1 an okzipitalen (O1, O2) und parietalen (P7, P8) Elektroden für alle Stimulusklassen jeweils getrennt für autistische und nicht-autistische Probanden. Standardabweichungen in Klammern.

a) P1-Amplituden in  $\mu V$

	Kontrollgruppe			
	O1	O2	P7	P8
Foto	17.1 (8.3)	17.2 (9.9)	7.2 (5.6)	9.3 (7.4)
Cartoon	15.9 (8.1)	16.8 (8.8)	7.5 (5.7)	10.0 (7.8)
Smiley	16.2 (6.8)	17.3 (7.5)	5.9 (4.3)	8.0 (5.8)
Hand	17.4 (8.6)	17.8 (8.6)	7.2 (4.6)	9.6 (6.9)
Schmetterling	15.2 (8.2)	15.5 (8.7)	7.9 (5.7)	10.9 (7.4)

	Autismus-Gruppe			
	O1	O2	P7	P8
Foto	18.3 (7.2)	18.6 (7.8)	6.7 (3.6)	11.0 (3.7)
Cartoon	17.5 (7.4)	17.8 (8.4)	6.5 (3.9)	11.1 (4.5)
Smiley	16.5 (7.1)	17.9 (7.2)	5.4 (3.2)	9.2 (3.1)
Hand	17.8 (7.9)	18.3 (7.0)	6.3 (3.7)	9.8 (4.2)
Schmetterling	17.5 (9.1)	18.1 (7.7)	8.5 (5.4)	11.5 (5.3)

b) P1-Latenzen in ms

	Kontrollgruppe			
	O1	O2	P7	P8
Foto	127.9 (10.4)	128.2 (9.2)	128.0 (14.6)	135.5 (10.5)
Cartoon	130.2 (15.5)	128.7 (13.8)	127.6 (15.5)	131.7 (11.6)
Smiley	124.2 (6.7)	126.5 (7.7)	132.7 (18.5)	131.3 (14.7)
Hand	128.3 (12.2)	128.2 (6.5)	145.4 (21.3)	142.9 (13.0)
Schmetterling	127.5 (19.0)	128.0 (15.4)	138.7 (30.7)	146.7 (18.3)

	Autismus-Gruppe			
	O1	O2	P7	P8
Foto	131.8 (11.5)	131.7 (11.3)	131.9 (20.3)	132.6 (15.4)
Cartoon	132.4 (16.0)	131.4 (17.3)	127.1 (27.2)	131.4 (16.5)
Smiley	125.9 (13.5)	127.0 (13.2)	125.3 (23.3)	130.0 (15.7)
Hand	130.8 (16.6)	133.0 (17.1)	125.8 (31.9)	137.3 (24.3)
Schmetterling	136.1 (28.3)	132.5 (23.1)	140.5 (35.9)	137.2 (23.6)

Bei den autistischen Kindern zeigte sich die P1 über okzipitalen Regionen mit einer durchschnittlichen Amplitude von  $M_{O1} = 17.5 \mu V$  ( $SD = 7.5$ ) bzw.  $M_{O2} = 18.1 \mu V$  ( $SD = 7.3$ ) und einer durchschnittlichen Latenz von  $M_{O1} = 131.4$  ms ( $SD = 13.7$ ) bzw.  $M_{O2} = 131.1$  ms ( $SD = 13.5$ ). An parietalen Elektroden trat die Komponente in dieser Gruppe mit einer durchschnittlichen Amplitude von  $M_{P7} = 6.7 \mu V$  ( $SD = 3.6$ ) bzw.  $M_{P8} = 10.5 \mu V$  ( $SD$



= 3.9) und einer Latenz von  $M_{P7} = 130.1$  ms ( $SD = 19.4$ ) bzw.  $M_{P8} = 133.7$  ms ( $SD = 16.4$ ) auf. Die Spannungsverteilung stellte sich über beide Probandengruppen und alle fünf Stimulusklassen hinweg ähnlich dar (vgl. Abbildung 16). Die stärkste positive Aktivierung zeichnet sich über okzipitalen Regionen ab.

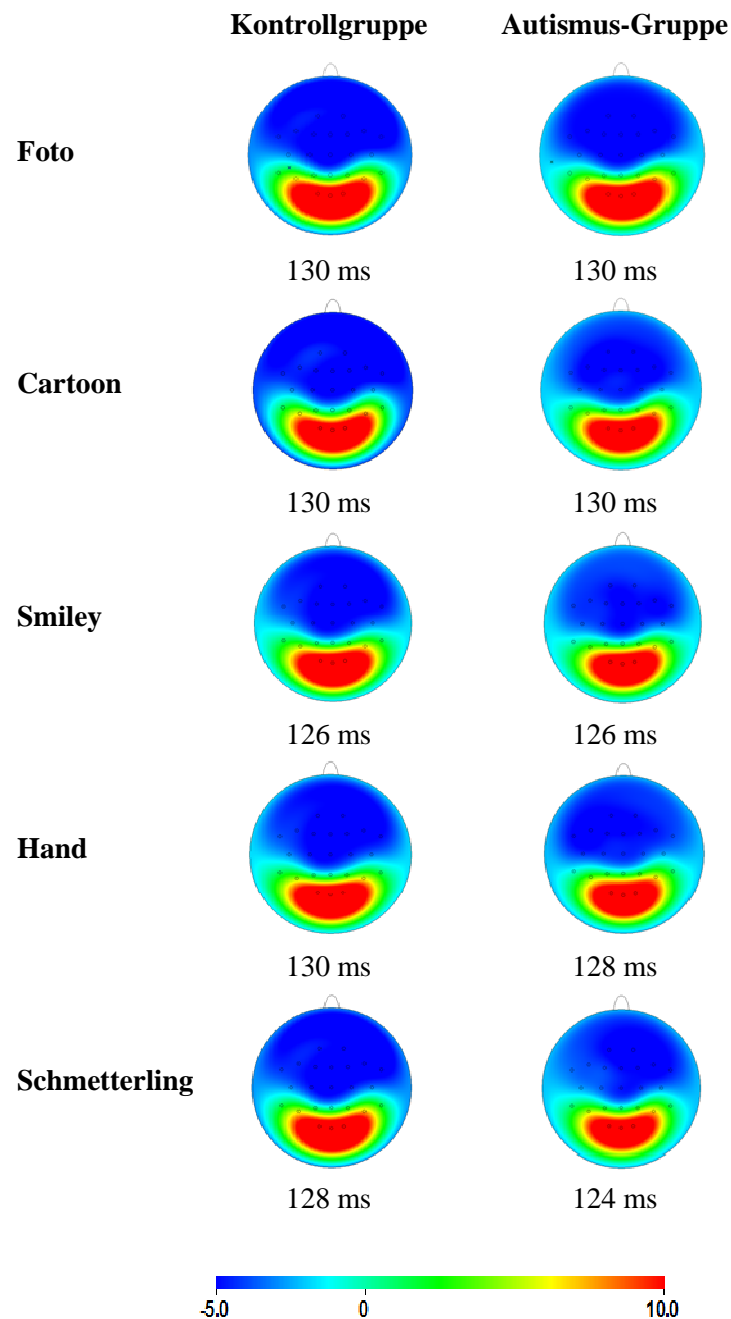


Abbildung 16. Topographische Karten der Spannungsverteilung beim Auftreten der P1 im Grand Average mit jeweiligen Latenzangaben zum Auftreten der P1, über alle fünf Stimuluskategorien hinweg und getrennt für Probanden der Kontroll- und der Autismus-Gruppe.

### *Statistische Auswertung der Komponenten-Latenz und -Amplitude*

Zur Auswertung der P1-Amplituden und -Latenzen wurden jeweils eine Varianzanalyse mit dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ (Autismus-Gruppe, Kontrollgruppe) und den Innersubjektfaktoren „Elektrodenort“ (okzipitale und parietale Elektroden), „Hemisphäre“ (linke und rechte Hemisphäre) und „Stimulusklasse“ (Foto, Cartoon, Smiley, Hand und Schmetterling) durchgeführt. Die abhängigen Variablen waren die Amplituden und Latenzen der P1.

Bei Verletzung der Annahme von Sphärizität wurden Greenhouse-Geisser Korrekturen vorgenommen.

*P1-Amplituden.* Die varianzanalytische Auswertung der P1-Amplituden ergab einen Haupteffekt für den Elektrodenort,  $F(1, 38) = 61.775, p < .000, \eta^2 = .619$ , mit signifikant größeren Amplituden an okzipitalen als an parietalen Elektroden. Der Haupteffekt für die Hemisphäre,  $F(1, 38) = 9.921, p = .003, \eta^2 = .207$ , zeigte, dass die P1-Amplituden über der rechten Hemisphäre insgesamt größer ausfielen als über der linken Hemisphäre.

Zusätzlich wurde der Haupteffekt für die Stimulusklasse signifikant,  $F(4, 152) = 3.824, p = .005, \eta^2 = .091$ . Dabei waren die Amplituden der P1 für Smileys kleiner als für alle anderen Stimulusklassen (alle  $ps < .020$ ). Es fand sich keinen Haupteffekt für die Gruppe,  $F(1, 38) = .211, p = .648$ .

Es zeigten sich außerdem signifikante Zusammenhänge zwischen dem Elektrodenort und der Hemisphäre,  $F(1, 38) = 9.837, p = .003, \eta^2 = .206$ , sowie zwischen dem Elektrodenort und der Stimulusklasse,  $F(3.062, 116.349) = 10.623, p < .000, \eta^2 = .218$ . Zur Analyse dieser Interaktionseffekte wurden weitere Varianzanalysen getrennt nach Elektrodenorten berechnet.

An den parietalen Elektroden zeigte sich ein Haupteffekt für die Hemisphäre,  $F(1, 38) = 22.903, p < .000, \eta^2 = .376$ , wobei für alle Stimulusklassen die P1-Amplitude über der rechten Hemisphäre größer war als über der linken ( $p < .000$ ). Zusätzlich wurde der Haupteffekt für die Stimulusklasse signifikant,  $F(2.947, 111.984) = 13.843, p < .000, \eta^2 = .267$ . In den post-hoc Vergleichen wurde deutlich, dass an parietalen Elektroden Smileys kleinere P1-Amplituden als alle anderen Stimulusklassen (alle  $ps < .001$ ) und Schmetterlinge größere Amplituden als alle anderen Stimulusklassen (alle  $ps < .040$ ) evoziert hatten.

Es fanden sich keine signifikanten Interaktionseffekte bei der Auswertung der parietalen Elektroden.

An den okzipitalen Elektrodenorten zeigte sich nur ein knapp signifikanter Haupteffekt für die Stimulusklasse,  $F(3.285, 124.836) = 2.534$ ,  $p = .055$ ,  $\eta^2 = .063$ , der andeutete, dass Schmetterlinge geringere Amplitudenhöhen bei der P1 an okzipitalen Elektroden hervorriefen als Fotos von Gesichtern und Händen (beide  $ps < .020$ ).

*P1-Latenzen.* Die varianzanalytische Auswertung der P1-Latenzen ergab einen Haupteffekt für den Elektrodenort,  $F(1, 38) = 5.056$ ,  $p = .030$ ,  $\eta^2 = .117$ , mit signifikant größeren Latenzen an parietalen Elektroden als an okzipitalen, sowie einen signifikanten Haupteffekt für die Stimulusklasse,  $F(2.601, 98.853) = 6.707$ ,  $p < .000$ ,  $\eta^2 = .150$ . In den post-hoc Analysen zeigte sich, dass Smileys insgesamt signifikant kürzere Latenzen als alle anderen Stimulusklassen hervorriefen (alle  $ps < .042$ ) und Schmetterlinge und Hände signifikant längere P1-Latenzen als die drei Gesichtertypen evozierten (alle  $ps < .050$ ).

Die P1-Latenzen waren insgesamt in beiden Gruppen ähnlich groß,  $F(1, 38) = .009$ ,  $p = .926$ .

Weiterhin zeigten sich signifikante Interaktionseffekte zwischen Elektrodenort und Stimulusklasse,  $F(2.294, 87.172) = 3.313$ ,  $p = .012$ ,  $\eta^2 = .080$ , und Hemisphäre, Stimulusklasse und Gruppe,  $F(4, 152) = 2.637$ ,  $p = .036$ ,  $\eta^2 = .065$ , sowie ein tendenzieller Zusammenhang zwischen Elektrodenort und Gruppe,  $F(1, 38) = 3.691$ ,  $p = .062$ ,  $\eta^2 = .089$ . Zur genaueren Betrachtung der Interaktionseffekte wurden weitere Varianzanalysen getrennt nach Elektrodenorten berechnet.

An den parietalen Elektrodenorten zeigte sich ein Haupteffekt für die Stimulusklasse  $F(2.323, 88.263) = 6.843$ ,  $p < .000$ ,  $\eta^2 = .153$ , wonach die P1-Latenzen bei Schmetterlingen und Händen signifikant länger waren als bei den drei Gesichtertypen (alle  $ps < .043$ ).

Ein knapp signifikanter Zusammenhang zeigte sich zwischen Hemisphäre, Stimulusklasse und der Gruppe  $F(4, 152) = .056$ ,  $\eta^2 = .058$ . In der weiteren Analyse dieser Interaktion zeigte sich, dass bei den nicht-autistischen Kindern die P1-Latenzen für Schmetterlinge und Hände signifikant länger waren als für alle drei Gesichterarten (alle  $ps < .033$ ), während bei den autistischen Kindern die P1-Latenzen bei allen Stimulustypen vergleichbar waren.

An okzipitalen Elektroden fanden sich keine signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte für die P1-Latenz.

## 6.4 Diskussion

Die Studie untersuchte die frühe neuronale Antwort auf Gesichter in Form der N170 und der P1 bei autistischen und nicht-autistischen Kindern.

Die N170 konnte in beiden Probandengruppen für alle Stimulusklassen identifiziert werden, wobei die Amplituden bei den Kindern der Kontrollgruppe im Allgemeinen über der rechten Hemisphäre eine stärkere Negativierung aufwiesen als bei den autistischen Kindern. Über der linken Hemisphäre waren die Amplitudengrößen in beiden Gruppen vergleichbar. Für die durch Gesichter evozierte N170 fand sich in der Kontrollgruppe eine deutliche Rechtslateralisierung, während die Spannung bei den autistischen Kindern bilateral verteilt war. In beiden Probandengruppen zeigten sich der typische Vorteil in der Verarbeitungsgeschwindigkeit und größere Amplituden für die N170, wenn sie durch Gesichter evoziert wurde, im Vergleich zu objekt-evozierten Komponenten. Smileys evozierten rechtslateral größere Amplituden als Cartoon-Gesichter oder Fotos von Gesichtern.

Ausschließlich in der Autismus-Gruppe ließen sich Einflüsse des Alters auf die N170 erkennen: für alle Gesichter-Kategorien nahmen dabei die Latenzen und die Amplitudengrößen mit zunehmendem Alter ab.

Auch die P1 konnte in beiden Probandengruppen für alle Stimulusklassen identifiziert werden. Die Komponente präsentierte sich dabei bei den autistischen Kindern ähnlich wie bei den nicht-autistischen Kindern. Sie trat an okzipitalen Elektroden mit größeren Amplituden und kürzere Latenzen als an parietalen Elektroden auf, zeigte sich aber an parietalen Elektroden differenzierter. An parietalen Elektroden wurden über der rechten Hemisphäre für alle Stimulusklassen größere P1-Amplituden gemessen als über der linken Hemisphäre. Zudem evozierten Smileys über diesen Regionen kleinere P1-Amplituden und Schmetterlinge größere Amplituden als alle anderen Stimulusklassen. Ausschließlich bei den gesunden Kindern differenzierten die Latenzen der P1 zwischen den verschiedenen Stimulusklassen mit längeren P1-Latenzen für Schmetterlinge und Hände als für alle drei Gesichterarten. Bei den autistischen Kindern waren die P1-Latenzen für alle Stimuluskategorien vergleichbar.

### *N170-Komponenteneigenschaften*

Die N170 ließ sich für die nicht-autistischen Kinder der Kontrollgruppe in vergleichbarer Weise replizieren wie sie in früheren Studien bei gesunden Kindern und

Erwachsenen beobachtet wurde: die Komponente war für alle Stimulusklassen über posterior temporalen Regionen maximal (Eimer, 2000b; M. Taylor, et al., 1999) und wurde von einer positiven Aktivierung (P170) an fronto-zentralen Regionen (Fz) begleitet (Jeffreys & Tukmachi, 1992; Rossion, et al., 2003; Sagiv & Bentin, 2001). Diese Merkmale der Aktivierung zeigte die N170 auch in der Autismus-Gruppe.

In der Kontrollgruppe fand sich zudem die typische Rechtslateralisierung des Potentials, wenn es durch Gesichter evoziert wurde (Rossion, et al., 2003). In der Autismus-Gruppen hingegen unterschieden sich die Amplituden der gesichtsbezogenen N170 nicht zwischen den Hemisphären. Eine solche bilaterale Spannungsverteilung in der Gesichterverarbeitung wurde für autistische Kinder und Erwachsene schon früher beobachtet (Dawson, et al., 2004; McPartland, et al., 2004; Senju, et al., 2005). Sie gleicht der Spannungsverteilung, die normalerweise für die objekt-evozierte N170 beobachtet wird: Rossion et al. (Rossion, et al., 2003) berichteten für ihre nicht-autistischen Probanden, dass die N170 für Gesichter rechtslateralisiert, für Autos jedoch kleiner und bilateral verteilt war.

Die Topographie des Potentials in der Autismus-Gruppe lässt also an dieser Stelle keine Besonderheiten für die Verarbeitung von Gesichtern erkennen, sondern spricht eher dafür, dass Gesichter neuronal ähnlich wie Objekte verarbeitet werden. Picton et al. (2000) gehen davon aus, dass signifikante Unterschiede in der Spannungsverteilung eines EEG-Signals zwischen verschiedenen Gruppen von Probanden darauf hinweisen, dass diese Potentiale neuronal unterschiedlich generiert werden. Die unterschiedliche Topographie der gesichter-evozierten N170 in den beiden untersuchten Probandengruppen könnte also Ausdruck unterschiedlicher neuronaler Verarbeitung sein. Speziell ließe sich die fehlende Rechtslateralisierung der N170 für Gesichter mit einer verringerten Beteiligung des rechten Gyrus fusiformis an der Gesichterverarbeitung erklären. Dieser gilt als neuronaler Generator der N170 (z.B. Deffke, et al., 2007; McKone & Kanwisher, 2005) und zeigte in verschiedenen fMRT-Studien bei Personen mit ASS beim Betrachten von Gesichtern eine geringere Aktivierung als bei Personen ohne ASS (z.B. Aylward, et al., 2005; Pierce, et al., 2001; Schultz, et al., 2000).

### *Gesicht vs. Objekt*

Im Vergleich der gesichter-evozierten mit der objekt-evozierten N170 differenzierte die Komponente in beiden Gruppen sowohl in Amplitude als auch in Latenz deutlich

zwischen Gesichtern und Objekten (Schmetterlinge und Hände). Dieses Muster zeigte sich sowohl an P8 als auch an P7, also über beiden Hemisphären.

Die Latenzen der N170 waren sowohl für Gesichter als auch für Objekte bei den autistischen Kinder ähnlich wie bei den nicht-autistischen Kindern. Die temporale Verarbeitung von verschiedenen visuellen Stimuli zeigte sich also auf frühen Stufen des Verarbeitungsprozesses unbeeinflusst vom autistischen Störungsbild. Dieser Befund spricht für eine normale neuronale Spezialisierung auf Gesichter, denn die Latenz der N170 gilt als der sensibelste Indikator für Störungen auf frühen Stufen der Verarbeitung (Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 1998, 2000a).

Webb, Dawson, Bernier und Panagiotides (2006) berichteten für 3- bis 4-jährige autistische Kinder einen Vorteil in der Verarbeitungsgeschwindigkeit für Objekte. Bei 6-jährigen autistischen Kindern waren die Latenzen der N170 für Gesichter und Objekte gleich und die Amplituden für Gesichter größer als für Objekte. In den vorliegenden Ergebnissen zeigten sich sowohl der temporale Vorteil als auch größere Amplituden für Gesichter als für Objekte bei den untersuchten Kindern zwischen 9 und 15 Jahren. In dieser Reihenfolge betrachtet, scheint es so, als ob sich die N170 bei Kindern mit ASS mit fortschreitender Entwicklung normalisiert bzw. der neuronalen Reaktion bei Gleichaltrigen Kindern ohne ASS annähert. Dennoch wurden auch bei autistischen Erwachsenen Abweichungen in der N170 beobachtet (O'Connor, et al., 2005). An dieser Stelle wären weitere Untersuchungen zur N170 bei Personen mit ASS, die älter als 15 Jahre sind, nötig um zu klären, wann eine Reifung der Komponente abgeschlossen ist und ob sie jemals dieselben Werte der Erwachsenen-N170 in Amplitude und Latenz wie bei gesunden Erwachsenen erreicht.

Insgesamt waren die Amplituden der N170 für Gesichter und Objekte in der Autismus-Gruppe kleiner als in der Kontrollgruppe. Diese verminderte Negativierung ähnelt der Aktivierungsstärke, wie sie sich für normal entwickelte Kleinkinder zeigt: die Amplituden der prN170 bewegen sich dabei sowohl für Objekte als auch für Gesichter im positiven Bereich (z.B. Webb, et al., 2006). Da sich die geringere Aktivierung nicht nur auf die gesichtsbezogene N170 beschränkte, sondern auch für Objekte galt, deutet dieses Ergebnis auf ein eher generelles Defizit in visueller Wahrnehmung hin als auf eines speziell für Gesichter, wie es einige Autoren postulieren (Behrmann, Thomas, et al., 2006; Milne & Griffiths, 2007). Interessanterweise fand sich diese signifikant geringere neuronale Aktivierung der autistischen Kinder jedoch nur über der rechten Hemisphäre. Über der linken Hemisphäre zeigen beide Probandengruppen ähnlich starke Aktivierung

für alle Stimuluskategorien. Da sich die neuronale Spezialisierung für Gesichter verstärkt in der rechten Hemisphäre ausbildet, ließe sich das Ausbleiben einer verstärkten Rechtslateralität in der neuronalen Antwort auch als Hinweis auf eine verminderte neuronale Bereitschaft zur Ausbildung einer Spezialisierung deuten.

### *Gesichtertypen*

Die vorliegende Studie ist die erste, die bei Kindern EKPs, die durch verschiedene Gesichtertypen hervorgerufen wurden, direkt miteinander verglich. Es fand sich dabei Evidenz für eine Modulation der N170 durch die Komplexität von Gesichtern. Diese zeigte sich nur bei den nicht autistischen Kindern und ausschließlich über der rechten Hemisphäre, was wiederum die Rechtslateralisierung in der neuronalen Gesichterverarbeitung bestätigt und die Bedeutung rechtshemisphärischer Strukturen für die Ausbildung einer Gesichterexpertise betont.

Für gesunde Erwachsene berichten einige Studien, dass Smileys die gleiche neuronale Antwort hervorriefen wie fotografische Gesichter (z.B. Latinus & Taylor, 2006; Sagiv & Bentin, 2001). Bei den nicht-autistischen Kindern der vorliegenden Studie evozierten Smileys sogar größere Amplituden als Fotografien. Die Amplituden für Cartoon-Gesichter lagen in absoluten Zahlen betrachtet genau dazwischen, so dass sie möglicherweise tatsächlich im Hinblick auf ihre Komplexität eine Zwischenstufe zwischen Smiley und Fotografie abbildeten. Auch Sagiv und Bentin (Sagiv & Bentin, 2001) setzten in ihrer Untersuchung zusätzlich noch Portraits und Karikaturen ein. Die neuronalen Antworten auf diese lassen sich jedoch nur schwer mit der für die Cartoon-Gesichter vergleichen, da sie sich sehr im Stil unterscheiden. Zusätzlich zu den Effekten auf die Amplituden zeigte sich auch ein Einfluss der Gesicherkategorien auf die Latenzen der N170 mit einer früheren Verarbeitung der Smileys und Cartoon-Gesichter, die einen Verarbeitungsvorteil für die strukturell einfacheren Gesichter andeuteten. Sagiv und Bentin (Sagiv & Bentin, 2001) bei den gesunden Erwachsenen ihrer Studie keine solche Unterscheidung.

Die verstärkte neuronale Reaktion der Kinder auf die strukturell einfachsten Gesichter im Vergleich zu einer normalen neuronalen Reaktion bei Erwachsenen, repräsentiert möglicherweise eine entwicklungsbezogene Veränderung im strukturellen Enkodierungssystem von der Kindheit zum Erwachsenenalter. Die Reaktion der Kinder könnte von einem Bias zu einfach strukturierten Gesichtern bzw. dem strukturellen Prototypen persistieren, wie er von der Orientierungsreaktion bei Neugeborenen bekannt

ist (Goren, et al., 1975; Morton & Johnson, 1991). Dieser würde sich im Laufe der Entwicklung hin zu einer verstärkten Orientierung an natürlichen Gesichtern verändern. Im Alltag wäre diese Entwicklung parallel zu sehen zu einem kindlichen Interesse an gemalten und gezeichneten Figuren in Bilderbüchern und Comics, das sich über das Jugendalter hinweg verliert. Diese Interpretation ist bisher rein spekulativ und bedürfte empirischer Überprüfung.

Im Gegensatz zu den gesunden Kindern zeigten die autistischen Kinder keine Modulation der N170 durch verschieden komplexe Gesichtertypen. Es fand sich also kein Verarbeitungsvorteil für die strukturell weniger komplexen Gesichter. In Anlehnung an die oben formulierte hypothetische Annahme einer kindlichen Bevorzugung des Gesichterprototypen, die sich mit zunehmendem Alter zu einer Orientierung an natürlichen Gesichtern verändert, würden die Ergebnisse darauf hindeuten, dass bei autistischen Kindern eine solche Bevorzugung des strukturellen Prototypen fehlt. Dies würde implizieren, dass bei autistischen Kindern die Entwicklung der Gesichterwahrnehmung unter anderen Bedingungen beginnt, was wiederum einen Entwicklungsrückstand in dieser Gruppe erklären könnte.

Die Ergebnisse der autistischen Kinder mit ähnlichen N170-Amplituden und Latenzen für alle Gesichtertypen erinnern aber ebenfalls an die Befunde für gesunde Erwachsene in der Studie von Sagiv und Bentin (2001) mit der entwicklungstypischen Einschränkung, dass bei den Erwachsenen die Amplitudenhöhen insgesamt höher und die Latenzen kürzer waren. Um dieses Ergebnis besser verstehen zu können, wäre es an dieser Stelle hilfreich, die Weiterentwicklung der neuronalen Reaktion auf unterschiedlich komplexe Gesichter bei älteren autistischen und nicht-autistischen Probanden weiter verfolgen zu können.

Eine andere mögliche Erklärung für die Ergebnisse lässt sich aus der Vermutung von Sagiv und Bentin (2001) ableiten, dass die strukturelle Enkodierung von Gesichtern gleichsam von holistischer und merkmalsbasierter Verarbeitung geprägt ist. Demnach ließen sich die Ergebnisse der autistischen Kinder auch durch die autismustypischen Einschränkungen in der holistischen Verarbeitung von Stimuli erklären. Wie bereits beschrieben weist eine deutliche N170-Komponente für schematische Gesichter darauf hin, dass die einzelnen schematischen Gesichtsteile zu einer Gestalt integriert wahrgenommen wurden. Demzufolge könnte die starke neuronale Reaktion auf schematische Gesichter bei den gesunden Kindern einen größeren Einfluss holistischer Verarbeitungsprozesse im kindlichen strukturellen Verarbeitungssystem widerspiegeln. Bei den autistischen Kindern



könnte das Defizit in holistischer Verarbeitung dazu geführt haben, dass die Smileys nicht zu einer Gestalt integriert wurden und somit die N170 für Smileys nicht größer ausfiel als für die komplexeren Gesichter. Defizite in holistischer und konfiguraler Verarbeitung von Gesichtern bei Personen mit ASS sind für späte Stufen der Gesichterverarbeitung vielfach dokumentiert (Gross, 2004; Hobson, et al., 1988; Teunisse & de Gelder, 2003). Die vorliegenden Ergebnisse erweitern jene Befunde auch auf frühe Stufen der Gesichterverarbeitung bei Kindern mit ASS.

Auch dieser Interpretationsansatz ist vorerst nur hypothetisch zu verstehen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie reichen noch nicht aus, um diese Erklärung zu bestätigen. Die verwendeten Stimuli müssten in Anlehnung an das Studien-Design von Sagiv und Bentin (2001) zusätzlich auch invertiert dargeboten werden, um eine genauere Aussage über die Anteile holistischer und merkmalsbasierter Verarbeitung treffen zu können.

### *Alterseffekte*

Um einen Eindruck über die Entwicklung der N170 im Altersbereich zwischen 9 und 15 Jahren zu bekommen, wurden in beiden Probandenengruppen Latenz und Amplitude der Komponente mit dem Alter in Bezug gesetzt. Bei den nicht-autistischen Kindern zeigten sich für keine der Stimuluskategorien Zusammenhänge der N170-Eigenschaften mit dem Alter. Auch wenn die Amplituden- und Latenzausprägungen der Komponente bei diesen Kindern noch nicht die Maße einer Erwachsenen-N170 angenommen hatten, so schienen sie dennoch insgesamt auf einem reifen Niveau, so dass das Alter keine signifikanten Einflüsse mehr hatte. Alternativ steht zu vermuten, dass der vorliegende Altersbereich weniger stark durch Reifungsprozesse des gesichterverarbeitenden Systems geprägt ist. Tatsächlich finden sich auch in anderen Untersuchungen Hinweise darauf, dass sich die neuronale Basis der strukturellen Enkodierung von Gesichtern in ungleichmäßigen Schüben entwickelt. Während sich die Latenzen der N290 bei 12 Monate alten Säuglingen und die Latenzen der prN170 bei 4-Jährigen in verschiedenen Studien um nur 20 ms unterschieden, in dieser Altersspanne also nur eine geringe Entwicklung der Latenzen zu verzeichnen war, wurde eine deutliche Verkürzung der Latenzen um ca. 35 ms im Altersbereich zwischen 4 und 6 Jahren sichtbar (de Haan, et al., 2003; M. Taylor, et al., 1999). Dieses Alter scheint also eine Phase schnellerer Entwicklung der Gesichterverarbeitung zu kennzeichnen. In Bezug auf die Amplitudengröße der N170 stellten Taylor et al. (M. Taylor, et al., 1999) fest, dass sich diese zwischen 4 und 14 Jahren

weniger kontinuierlich entwickelte als die Latenz. Eine deutliche Steigerung war erst im Vergleich der N170 zwischen 14-Jährigen und Erwachsenen zu beobachten. Auch diese Ergebnisse zur Amplitudenentwicklung im Kindes- und Jugendalter passen zu den vorliegenden Daten der nicht-autistischen Kinder, die keinen systematischen Zusammenhang zwischen Alter und Amplitudengröße mehr zeigen.

Im Gegensatz zu den Kindern der Kontrollgruppen wiesen die Kinder der Autismus-Gruppe einen signifikanten Alterseinfluss auf Latenz und Amplitude für die gesichtsbezogene N170 auf: beide Komponenteneigenschaften nahmen mit zunehmendem Alter ab. Der Einfluss des Alters fand sich nur für Komponenten, die durch Gesichter hervorgerufen wurden, nicht für objekt-evozierte Komponenten. Die altersabhängige Verkürzung der Latenzen der gesichtsbezogenen N170 spricht zunächst für eine selektive Weiterentwicklung des gesichterverarbeitenden Systems, d.h. es finden sich Anzeichen für eine Angleichung zumindest der temporalen Komponente des Potentials und somit für das Aufholen einer Entwicklungsverzögerung in der neuronalen Verarbeitung von Gesichtern. Dazu konträr steht die Abnahme der Amplitudenhöhe mit zunehmendem Alter. Anders als bei den gleichaltrigen nicht-autistischen Kindern, die an dieser Stelle keinen Zusammenhang zeigen, scheint sich die Größe des gesichtsbezogenen Potentials bei den autistischen Kindern mit dem Alter sogar zurückzubilden. Dies lässt die Vermutung zu, dass sich die neuronale Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems bei Kindern mit ASS anders entwickelt als bei nicht-autistischen Kindern. Die Ergebnisse zum Alterseinfluss in der vorliegenden Studie sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, denn das zugrunde liegende Versuchsdesign war nicht dafür ausgelegt, die Entwicklung der N170 über das Kindes- und Jugendalter hinweg zu untersuchen. Zur Klärung des beobachteten Entwicklungstrends müssten genauere Untersuchungen in Anlehnung an das Studien-Design von Taylor et al. (M. Taylor, et al., 1999) mit separaten Altersgruppen durchgeführt werden.

### *P1*

Die topographische Analyse der P1 zeigte in beiden Probandengruppen gleichermaßen ein stärkeres Auftreten der Komponente über okzipitalen Regionen als über parietalen Regionen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Befunden von Kuefner et al. (2010) überein, die ebenfalls eine stärkere P1-Aktivität über okzipitalen Elektrodenorten bei den von ihnen untersuchten Kindern zwischen 4 und 14 Jahren beobachteten.

Zusätzlich fand sich gleichsam für alle Stimuluskategorien an parietalen Elektroden eine Rechtslateralisierung des Potentials. Auch Kuefner et al. (2010) berichteten an lateralen Elektrodenorten größere Amplituden über der rechten Hemisphäre als über der linken. Eine Rechtslateralisierung exklusiv für die gesichter-evozierte P1, wie sie von anderen Autoren für gesunde Erwachsene beschrieben wurde, konnte in der vorliegenden Studie nicht beobachtet werden.

Die P1 präsentierte sich zwar mit größeren Amplituden und kürzeren Latenzen deutlicher an okzipitalen Elektroden, über parietalen Regionen differenzierte sie jedoch genauer zwischen verschiedenen Stimuluskategorien. Sie reagierte hier unter anderem mit kleineren P1-Amplituden auf Smileys als auf alle anderen Stimuluskategorien. Auch Latinus und Taylor (2006) hatten in Reaktion auf schematische Darstellungen von Gesichtern kleinere P1-Amplituden als auf Fotografien berichtet. Grundsätzlich konnte allerdings aus dieser vorausgegangenen Arbeit nicht geschlussfolgert werden, ob die beobachteten Amplitudenunterschiede in der P1 auf strukturelle Unterschiede zwischen den Gesichtern zurückzuführen waren oder auf eher bildbasierte wie beispielsweise die Lumineszenz. In der vorliegenden Studie gab es hingegen noch eine zweite Kategorie gezeichneter Stimuli, die Cartoon-Gesichter. Diese hielten dieselben bildbasierten physikalischen Informationen bereit wie die Smileys. Dennoch evozierten Cartoon-Gesichter ähnliche P1-Amplitudenhöhen wie Fotografien von Gesichtern und nicht wie die Smileys, so dass es wahrscheinlich ist, dass sich die geringere Amplitudenhöhe explizit für Smileys durch den Inhalt des betrachteten Bildes erklärt. Demnach zeigte sich die P1 in beiden Probandengruppen in ihrer Amplitudenhöhe sensitiv für den strukturellen Prototypen von Gesichtern. Dafür spricht auch, dass bei gesunden Probanden für alle Altersgruppen bereits größere P1-Amplituden für Gesichter als für Objekte dokumentiert wurden (Itier & Taylor, 2004c; Kuefner, et al., 2010).

Der vorliegende Befund von größeren P1-Amplituden für Schmetterlinge als für alle anderen Stimuluskategorien lässt sich hingegen in die bisherigen Ergebnisse nicht stimmig einreihen.

Im Gegensatz zu den P1-Amplituden reagierten die P1-Latenzen nur bei den Kindern der Kontrollgruppe sensitiv auf die verschiedenen Stimuluskategorien: bei ihnen zeigten sich die Latenzen für die beiden Objektkategorien (Schmetterlinge und Hände) länger als für alle drei Gesichtertypen. Eine solche Unterscheidung fand sich auch in früheren Studien bei gesunden Kindern und Erwachsenen (Kuefner, et al., 2010; M. Taylor, Itier, et al., 2001). Für Kinder ohne Entwicklungsstörung ließ sich also erneut feststellen, dass die

P1 zwischen verschiedenen Stimulusklassen unterscheidet, doch auch aus den vorliegenden Daten geht nicht hervor, auf welche Eigenschaft der Stimuli sie dabei reagiert.

Indes fielen bei den autistischen Kindern die P1-Latenzen bei allen Stimuluskategorien vergleichbar aus.

Bei den autistischen Probanden präsentierte sich die P1 also in ihrer Spannungsverteilung und den Amplitudenhöhen für die verschiedenen Stimuluskategorien ähnlich wie bei den nicht-autistischen Kindern. Lediglich die Komponenten-Latenzen zeigten sich in der Autismus-Gruppe weniger sensitiv für unterschiedliche Stimuli. Bisher wurde die gesichter-evozierte P1 bei autistischen Kindern und Erwachsenen mit vergleichbarer Topographie, Amplitude und Latenzen wie in den Kontrollgruppen beobachtet (O'Connor, et al., 2005; Webb, et al., 2010; Wong, et al., 2008).

Für die nicht-autistischen Kinder zeigte die P1 an parietalen Elektrodenorten in Amplituden und Latenzen Hinweise auf eine sehr frühe Unterscheidung von verschiedenen Stimulusklassen in der neuronalen Verarbeitung. Während sich in den P1-Latenzen eine klare Unterscheidung von Gesichtern und Objekten abbildete, zeigten die P1-Amplituden insgesamt eine weniger gesichtsspezifische Reaktion, wenn gleich sich eine signifikante Reaktion auf den strukturellen Gesichtsprototypen beobachten ließ.

Da sich die Gesichtsspezifität in den P1-Latenzen nur für gesunde Kinder nicht aber für die autistischen Kinder beobachten ließ, kann angenommen werden, dass diese mögliche sehr frühe Spezialisierung bei autistischen Personen weniger ausgeprägt ist. Dies könnte ebenfalls ein Hinweis auf eine abweichende kortikale Spezialisierung der neuronalen Netzwerke der Gesichterverarbeitung sein wie beispielsweise auch Wong et al. (Wong, et al., 2008) vermuteten.

### *Schlussfolgerung*

Es fanden sich in der frühen neuronalen Antwort auf Gesichter Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den untersuchten autistischen und nicht-autistischen Kindern.

In beiden Probandengruppen unterschied die strukturelle Enkodierung in Form der N170 deutlich zwischen Objekten und Gesichtern. Insbesondere dieser Befund deutete darauf hin, dass sich bei den autistischen Kindern eine ähnliche neuronale Spezialisierung auf frühen Stufen der Gesichterverarbeitung ausgebildet hatte, wie bei den nicht-autistischen Kindern. Auffällig war jedoch, dass die N170 in der Autismus-Gruppe weniger negativ ausfiel als in der Kontrollgruppe, obwohl die Amplitudenhöhen der

vorausgegangenen P1 in beiden Gruppen vergleichbar waren. Da dies gleichermaßen für alle Stimulusklassen galt, zeichnete sich in diesem Ergebnis ein generelles Defizit oder eine Verzögerung in der perzeptuellen Entwicklung beziehungsweise in der strukturellen Enkodierung von visuellen Stimuli ab. Es steht jedoch zu vermuten, dass innerhalb dieser die Verarbeitung von Gesichtern besonders betroffen ist, denn die autistischen Kinder zeigten in der N170 und der P1 auch einige grundlegende Abweichungen von den nicht-autistischen Probanden.

Besonders durchgängig war in der Autismus-Gruppe das Ausbleiben einer Rechtslateralisierung der Gesichterverarbeitung zu beobachten, wobei eine abweichende Topographie der Potentiale für abweichende neuronale Generatoren des Signals spricht. Zusätzlich zeigte sich die strukturelle Enkodierung weniger sensibel gegenüber unterschiedlicher struktureller Komplexität von Gesichtern und der strukturelle Prototyp von Gesichtern rief weniger Verarbeitungsvorteile hervor, was für Einschränkungen in der strukturellen Enkodierung von Gesichtern spricht. Ein weiterer Hinweis auf eine abweichende kortikale Spezialisierung der neuronalen Netzwerke der Gesichterverarbeitung ergab sich daraus, dass bei den autistischen Kindern die P1-Latenz nicht zwischen Gesichtern und Objekten unterschied.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die nicht-autistischen Kinder Befunde früherer Studien mit gesunden Erwachsenen repliziert werden konnten und die gefundenen Ergebnisse sich stimmig in den aktuellen Stand der Wissenschaft einordnen ließen. Die Daten der autistischen Kinder zeigten zum Teil Übereinstimmungen mit denen der nicht-autistischen Kinder, die eine gewisse Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems auf frühen Stufen erkennen ließen. Es fanden sich in den Ergebnissen jedoch eine ganze Reihe Hinweise auf grundlegende Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung, vor allem auf der Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung. Insgesamt zeigte sich also auf frühen Stufen der Verarbeitung bei den untersuchten autistischen Kindern eine weniger ausgeprägte neuronale Spezialisierung des gesichterverarbeitenden Systems im Vergleich zu nicht-autistischen Kindern und Erwachsenen.

## **7. STUDIE 3: INTEGRATION VON IDENTITÄT UND EMOTIONALEM AUSDRUCK**

### **7.1 Fragestellung**

Im visuellen Verarbeitungsprozess laufen auf späten Stufen viele kognitive Prozesse zusammen, wobei viele unterschiedliche Informationen integriert werden. Das menschliche Gesicht hält für den Betrachter eine große Menge an Informationen bereit. Es gibt Auskunft über die Stimmung, Absichten oder Aufmerksamkeit aber auch über Alter, Geschlecht oder die Identität der Person. All diese Informationen lassen sich grob als variante und invariante Informationen unterscheiden. Die varianten Informationen beschreiben veränderliche Aspekte im Gesicht einer Person, die vor allem in der sozialen Kommunikation von Wichtigkeit sind, wie beispielsweise der emotionale Ausdruck oder die Blickrichtung. Unter invarianten Aspekten werden die kaum veränderlichen Merkmale im menschlichen Gesicht verstanden, wie die individuellen Informationen, die die Identität einer Person ausmachen.

Obwohl Gesichter diese große Menge von Informationen bereithalten und sich sogar einige dieser Aspekte plötzlich ändern können, fällt es dem Betrachtenden dennoch leicht, diese Informationen unmittelbar und gleichzeitig vom Gesicht des Gegenübers abzulesen. Es stellt sich die Frage, wie das gesichterverarbeitende System diesen Komplex von Informationen so effizient bewältigen kann. Denkbar sind parallele oder serielle Verarbeitungsweisen, wobei die Verarbeitung der einen Information die der Anderen unterstützen oder mit ihr interferieren könnte.

Zu eben dieser Frage nach der Verarbeitung der verschiedenen Informationen, die ein Gesicht übermittelt, haben sich vor allem zwei Modelle etabliert. Bruce und Young (Bruce & Young, 1986) nehmen eine parallele bzw. unabhängige Verarbeitung von varianten und invarianten Aspekten eines Gesichts an. Dabei steht am Anfang des Verarbeitungsprozesses die strukturelle Enkodierung, die die visuelle Information zunächst in Bestandteile zerlegt, die für die verschiedenen parallelen Prozesse der Weiterverarbeitung wichtig sind. Auch Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) betonen in ihrem Modell der neuronalen Gesichterverarbeitung eine Unterscheidung invarianter und varianter Aspekte von Gesichtern. Beide würden von unterschiedlichen neuronalen Strukturen verarbeitet, die allerdings mit einander im Austausch stünden. Das

Modell nimmt also eher eine interaktive Verarbeitung der verschiedenen Informationen aus Gesichtern an.

In der empirischen Überprüfung dieser Modelle findet sich inzwischen Evidenz für eine einseitige Abhängigkeit in der Verarbeitung verschiedener Informationen, derart dass die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks davon beeinflusst wird, wer angesehen wird, aber die Verarbeitung der Identität unbeeinflusst bleibt vom Gesichtsausdruck der betrachteten Person (Schweinberger, et al., 1999; Schweinberger & Soukup, 1998; Spangler, et al., 2010).

Dieses asymmetrische Muster der Verarbeitung fand sich bei normal entwickelten Kindern und Erwachsenen. Bisher hat jedoch noch keine Studie explizit die gemeinsame Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck bei Menschen mit ASS untersucht. Dabei sind für diesen Personenkreis Schwächen in der Wahrnehmung und Verarbeitung von verschiedenen gesichtsbezogenen Informationen bekannt. Insbesondere bei der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks zeigten autistische Kinder wie auch Erwachsene immer wieder Schwierigkeiten im Erkennen und richtigen Verstehen (z.B. Golan, Baron-Cohen, Hill, & Golan, 2006; Humphreys, et al., 2007; Pelphrey, et al., 2002). Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden die Fähigkeiten zum Erkennen von Identität und Emotionen nur isoliert untersucht. Es ist bisher unklar, ob und wie Defizite in der Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken die Verarbeitung von Identität beeinflussen - und umgekehrt.

Die vorliegende Studie untersuchte die gleichzeitige Verarbeitung von invarianten und varianten Informationen am Beispiel von Identität und emotionalen Gesichtsausdruck bei Kindern mit und ohne ASS. Es wurde angenommen, dass sich für die gesunden Kinder wie in vorausgegangenen Studien ein asymmetrisches Verarbeitungsmuster der beiden Informationsdimensionen zeigen würde. Dabei sollte die Identität des Gesichts unabhängig vom emotionalen Ausdruck verarbeitet werden, während die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks von der Identität des Gesichts beeinflusst würde. Da die Gesichterverarbeitung bei Menschen mit Autismus insgesamt als weniger integrativ und eher analytisch eingestuft wird, wurde erwartet, dass die autistischen Kinder die Identität und den emotionalen Ausdruck unabhängig voneinander verarbeiten würden.

Die vorliegende Arbeit schloss sich methodisch an die Untersuchungen der Arbeitsgruppen um Schweinberger und Soukup (1998) sowie Spangler et al. (2010) an, um die Ergebnisse zwischen den Studien vergleichbar zu machen. In einer computer-

gestützten Kategorisierungsaufgabe sollten die Kinder Gesichter entweder nach dem emotionalen Gesichtsausdruck (glücklich oder traurig) oder nach der Identität (Person A oder Person B) sortieren. Die jeweils andere Dimension war für das Kategorisieren irrelevant und sollte ignoriert werden. Durch systematische Variation dieser irrelevanten Dimension ließ sich ihr Einfluss auf die Verarbeitung der relevanten Dimension erkennen.

Aufgrund der bekannten Probleme bei Personen mit ASS in Bezug auf das Erkennen von Gesichtsausdrücken sollte zuerst geklärt werden, ob die Kinder eine solch komplexe Aufgabe überhaupt erfolgreich lösen konnten. Zu diesem Zweck wurde eine Pilotierung mit der vorgesehenen Aufgabe an autistischen und nicht-autistischen Kindern im Altersbereich von 9 bis 15 Jahren durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Aufgabe für alle Kinder gleich gut lösbar war. Stimuli, Apparatur und Versuchsablauf mussten also nicht modifiziert werden, sondern konnten in gleicher Form wie auch schon in den Untersuchungen von Spangler et al. (2010) für die Studie übernommen werden.

## 7.2 Methode

### *Versuchspersonen*

An der Studie nahmen zunächst alle 22 autistischen und 22 nicht-autistischen Kinder teil. Da das Versuchsdesign Gruppenstärken von 24 Kindern vorsah und damit in vorangegangenen Studien gute Effektstärken erzielt werden konnten, wurden die beiden Stichproben aufgestockt: je 2 Kinder wurden zusätzlich per Zufall aus der Pilotierungsstichprobe gezogen. Insgesamt gingen somit die Werte von 24 autistischen Kindern und 24 nicht-autistischen Kindern, die in Alter und IQ parallelisiert waren, in die Auswertung ein (Tabelle 8).

*Tabelle 8. Alter in Jahren und IQ-Werte der Kinder der Autismus-Gruppe und der Kontrollgruppe.*

		Kontrollgruppe	Autismus-Gruppe
IQ	<i>M</i>	105.7	103.2
	<i>SD</i>	18.4	15.5
	Range	74-134	73-133
Alter	<i>M</i>	12.6	12.6
	<i>SD</i>	2.0	1.8
	Range	9-15	9-15
<i>N</i>		24	24

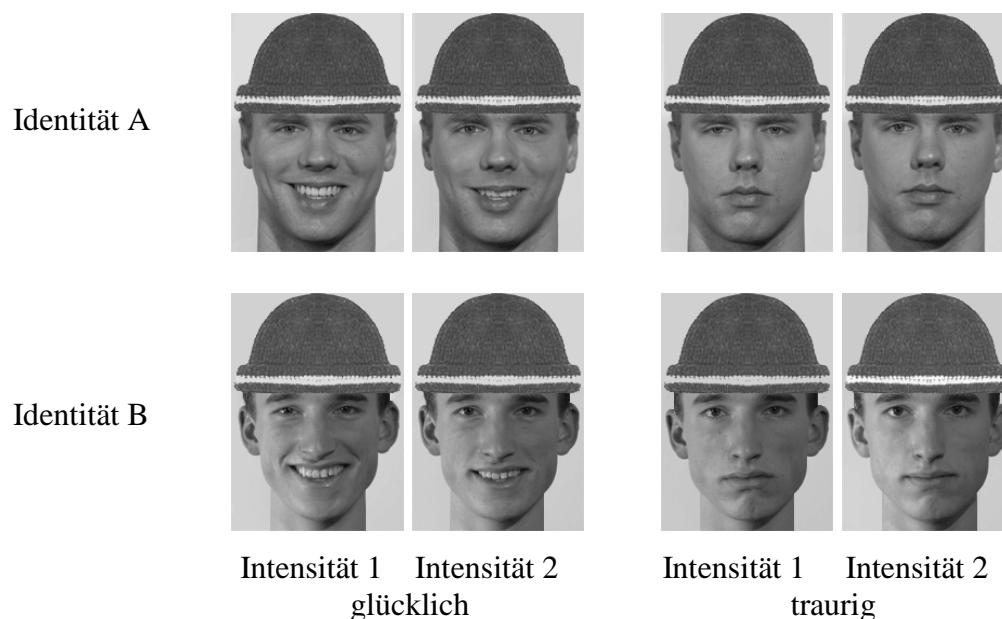


Das Alter betrug in beiden Gruppen im Mittel 12.6 Jahre (Range: 9 – 15 Jahre;  $SD_{\text{Kontrollgr}} = 2.0$ ,  $SD_{\text{Autismus}} = 1.8$ ). In der Autismus-Gruppe lag der mittlere IQ-Wert bei 103.2 (Range: 73 – 133,  $SD = 15.5$ ) und in der Kontrollgruppe bei 105.7 (Range, 74-134;  $SD = 18.4$ ). Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich IQ und Alter nicht signifikant voneinander,  $t_{\text{IQ}}(46) = .510$ ,  $p = .613$  und  $t_{\text{Alter}}(46) = .076$ ,  $p = .940$ .

### *Stimuli und Apparatur*

Als Stimulusmaterial diente in dieser Studie ein Set aus acht Schwarz-Weiß-Fotografien von Gesichtern. Diese Aufnahmen zeigten in frontaler Ansicht die Gesichter zweier verschiedener männlicher Personen (Identität A und B), die entweder einen glücklichen Gesichtsausdruck hatten, also lächelten, oder traurig aussahen. Die Stimuli variierten folglich in den zwei Dimensionen *Identität* und *emotionalem Ausdruck*.

Die beiden Gesichtsausdrücke wurden jeweils in zwei verschiedenen Intensitäten abgebildet (z.B. leichtes und deutliches Lächeln), so dass von jedem Gesichtsausdruck zwei verschiedene Versionen vorlagen. Dies sollte einer bildbasierten Verarbeitungsweise durch den Probanden vorbeugen. Das Stimulus-Set umfasste also: 2 verschiedene Identitäten x 2 verschiedene Gesichtsausdrücke x 2 unterschiedliche Intensitäten der Ausdrücke = 8 Bilder (vgl. Abbildung 17).



*Abbildung 17.* Das Stimulus-Set umfasste acht Fotografien von zwei verschiedenen Personen (Identitäten A und B), die entweder einen glücklichen oder einen traurigen Gesichtsausdruck zeigten. Die beiden Gesichtsausdrücke wurden in zwei unterschiedlichen Intensitäten gezeigt.

Alle Stimulus-Gesichter „trugen“ eine künstliche Mütze, die im Nachhinein mit Adobe Photoshop 6.0 in die Bilder gearbeitet worden war. Diese Maßnahme sollte ebenfalls einer bildbasierten Verarbeitung der Stimuli vorbeugen. Spangler et al. (2010) hatten in vorangegangenen Studien mit demselben Versuchsdesign und den selben Bildern gearbeitet und dabei festgestellt, dass vor allem jüngere Kinder eine starke Tendenz zeigten, die Gesichter anhand des Haaransatzes zu identifizieren. Die Mütze war in allen acht Bildern exakt gleich, so dass die Gesichter nur noch anhand innerer Merkmale zu unterscheiden waren. Die Probanden wurden also durch die Mütze dazu gezwungen, zum Lösen der Aufgabe die inneren Gesichtsmerkmale zu beachten.

Alle Bilder waren unter gleichen Lichtverhältnissen aufgenommen wurden. Zusätzlich waren mit Hilfe von Adobe Photoshop 6.0 eventuelle Auffälligkeiten (z.B. Hemdkrägen oder Hautunregelmäßigkeiten) aus den Bildern entfernt bzw. angeglichen worden.

Das Experiment lief auf einem IBM Think Pad 390 Laptop. Die Versuchspersonen nahmen in einen Abstand von 70 cm zum Bildschirm Platz. Die Stimuli hatten auf dem Bildschirm eine Größe von 4.6 cm x 6.0 cm, das entsprach einem Sehwinkel von 3.8° x 4.9°.

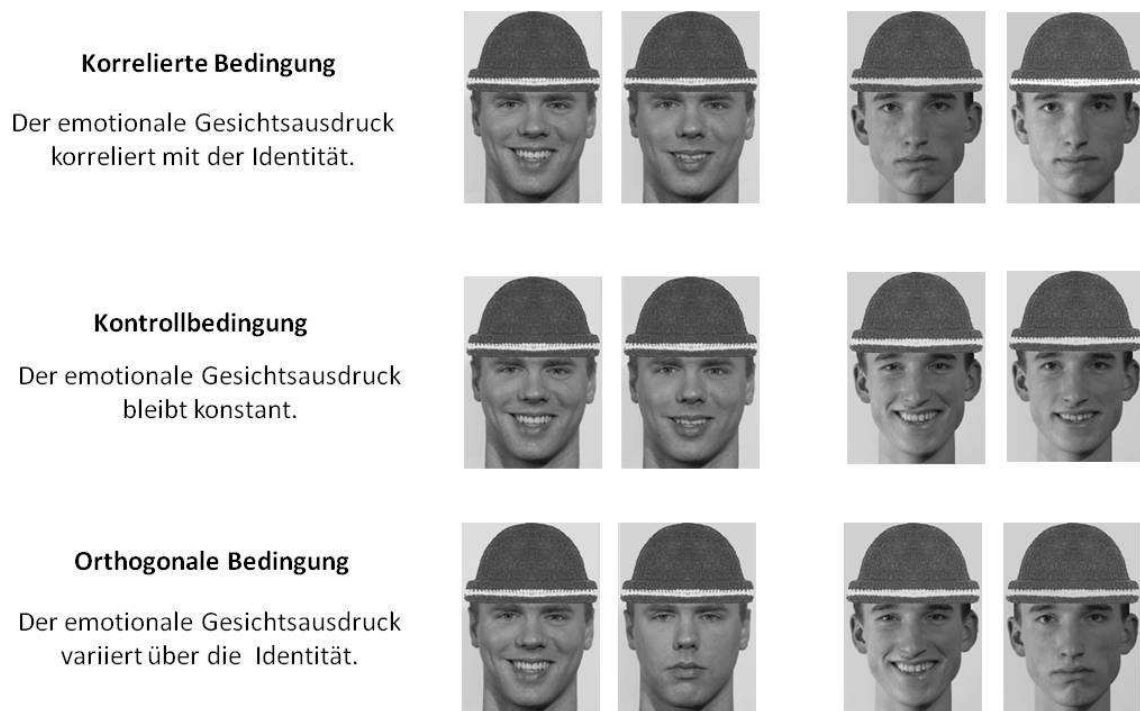
Zwischen dem Probanden und dem Präsentationsbildschirm wurden eine graue und eine rote Reaktionszeittaste positioniert. Diese konnten für die Klassifikationsurteile mit den Zeigefingern gedrückt werden. Zur Erfassung des Antwortverhaltens fand das Exkey-Keyboard Logic, ein Zubehör des Experimental Run Time Systems (ERTS), Anwendung. Die Datenerhebung und -auswertung erfolgten ERTS-gestützt.

### *Experimentelles Design*

Das Experiment wurde in Anlehnung an die „Speeded sorting task“ nach Garner (1976) konzipiert. Basierend auf dem Paradigma der selektiven Aufmerksamkeit ließ Garner seine Probanden unter Zeitdruck Stimuli, die in zwei Dimensionen variierten, nach einer der Dimension sortieren. Dabei wurde untersucht, ob die Probanden ihre Aufmerksamkeit auf eine Stimulusdimension lenken konnten, unabhängig von Variationen in der anderen Dimension.

Während Garner (1976) seine Versuchspersonen ursprünglich hatte Karten auf Stapel sortieren lassen, wandelten Schweinberger und Soukup (1998) die Aufgabe in ein computergestütztes Reaktionszeitexperiment um. An dieses computergestützte Versuchsdesign lehnte sich das vorliegende Experiment an. Ziel der Studie war es zu

untersuchen, ob die Identität eines Gesichts und der emotionale Ausdruck unabhängig oder in Abhängigkeit von einander verarbeitet wurden. Entsprechend variierten die Stimulus-Gesichter in den Dimensionen Identität (Identität A und B) und emotionaler Ausdruck (glücklich und traurig). Die Probanden wurden gebeten, diese Stimuli anhand einer Stimulusdimension zu klassifizieren (= relevante Dimension) und dabei die andere Stimulusdimension zu ignorieren (= irrelevante Dimension). Die irrelevante Dimension wurde dabei über drei Versuchsbedingungen systematisch variiert (vgl. Abbildung 18): sie korrelierte entweder systematisch mit der relevanten Dimension (*korrelierte Bedingung*), wurde konstant gehalten (*Kontrollbedingung*), oder sie variierte über die relevante Dimension (*orthogonale Bedingung*).



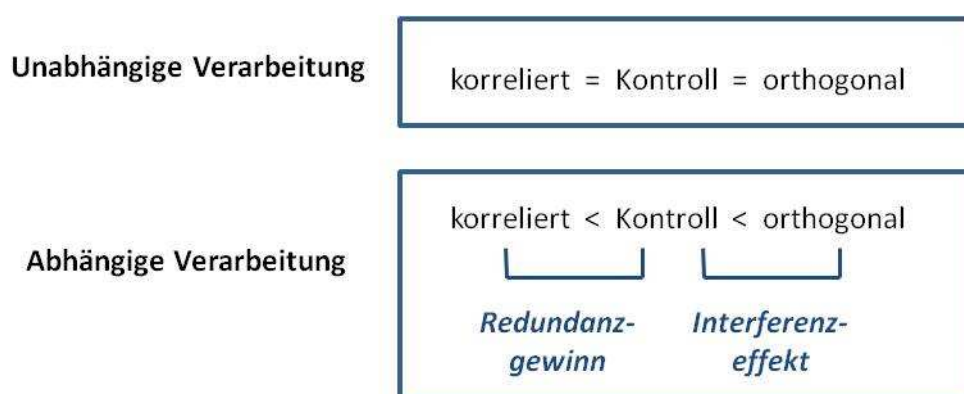
*Abbildung 18.* Die drei Versuchsbedingungen am Beispiel des Kategorisierens nach Identität. Beim Kategorisieren der Stimulus-Gesichter nach ihrer Identität ist die Identität die relevante Dimension und der emotionale Ausdruck die irrelevante Dimension. In der Kontrollbedingung ist der emotionale Gesichtsausdruck bei beiden Identitäten gleich. In der korrelierten Bedingung zeigt die eine Identität immer den einen und die andere Identität immer den anderen Gesichtsausdruck. In der orthogonalen Bedingung verändert sich der Gesichtsausdruck unabhängig von der Identität des Gesichts.

Der Vergleich der Reaktionszeiten zwischen den drei Versuchsbedingungen gab Aufschluss darüber, ob die Variationen in der irrelevanten Dimension (z.B. emotionaler Ausdruck) die Verarbeitung der relevanten Dimension (dann Identität) beeinflussten, also

ob die Dimensionen in Abhängigkeit oder unabhängig voneinander verarbeitet wurden (vgl. Abbildung 19).

Keine Reaktionszeitunterschiede zwischen den drei Versuchsbedingungen sprachen für eine unabhängige Verarbeitung der relevanten Dimension: die Variationen in der irrelevanten Dimension hatten keinen Einfluss auf die Verarbeitung der relevanten Dimension.

Eine abhängige Verarbeitung zeigte sich hingegen im Auftreten eines *Interferenzeffekts* oder eines *Redundanzgewinns*. Ein Interferenzeffekt lag vor, wenn die Reaktionszeiten in der orthogonalen Versuchsbedingung langsamer waren als in der Kontrollbedingung. Dieser Effekt zeigte an, dass die Variationen in der irrelevanten Dimension die Verarbeitung der relevanten Dimension gestört hatten. Schnellere Reaktionszeiten in der korrelierten Versuchsbedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung wiesen hingegen auf einen Redundanzgewinn hin. Dieser spiegelte wider, dass die irrelevante Dimension die Verarbeitung der relevanten Dimension unterstützt hatte. Ein solcher Reaktionszeitunterschied konnte jedoch auch auftreten, wenn der Proband die eigentliche Aufgabe missachtet und die Stimuli nach der irrelevanten Dimension klassifiziert hatte. Um sicherzustellen, dass die schnelleren Reaktionszeiten in der korrelierten Bedingung tatsächlich einen Redundanzgewinn widerspiegeln, mussten die mittleren Reaktionszeiten in der korrelierten Bedingung schneller sein als die der Kontrollbedingung der irrelevanten Dimension.



*Abbildung 19.* Auswertungsschema für die Reaktionszeiten: Gleiche Reaktionszeiten in den drei Versuchsbedingungen (korrelierte, Kontroll-, orthogonale Bedingung) wurden als unabhängige Verarbeitung definiert. Kürzere Reaktionszeiten in der korrelierten als der Kontrollbedingung zeigten einen Redundanzgewinn und längere Reaktionszeiten in der orthogonalen als der Kontrollbedingung einen Interferenzeffekt an. Beide Reaktionszeitunterschiede definierten eine unabhängige Verarbeitung der Dimensionen.

Das Experiment wurde im Between-Subject-Design durchgeführt, d.h. jeder Proband sortierte entweder nach der einen oder nach der anderen Dimension. Dieses Versuchsdesign wurde in erster Linie gewählt, um Transfer-Effekten vorzubeugen. Ein Within-Subject-Design hätte für die Probanden bedeutet, dass sie zunächst nach einer Dimension klassifiziert hätten und anschließend im nächsten Durchgang genau diese Dimension hätten ignorieren müssen. Dieser Wechsel hätte Effekte mit sich gebracht, die dem eigentlichen Ziel des Versuchsdesigns nicht zuträglich gewesen wären.

Die Zuordnung, welcher Proband die Stimuli nach welcher Dimension sortierte, wurde zufällig vorgenommen.

### *Prozedere*

Das Experiment unterteilte sich in die Instruktion mit anschließenden Übungsdurchgängen, gefolgt von zwei Testphasen.

Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Stimulus-Gesichter anhand einer relevanten Dimension (z.B. der Identität des Gesichts) zu klassifizieren und dabei die andere entsprechend irrelevante Dimension (dann der emotionale Ausdruck) zu ignorieren. In der Instruktion wurde den Kindern diese Aufgabe anhand von zwei Beispielbildern auf dem Bildschirm vertraut gemacht. Sie lernten, wonach sie die Stimulus-Gesichter klassifizieren sollten (Identität oder emotionalem Gesichtsausdruck) und dass sie diese Zuordnung mit Hilfe der Reaktionszeittasten vornehmen konnten: so sollten sie beim Klassifizieren der Bilder nach Identität zum Beispiel die rote Taste beim Erscheinen von Identität A und die graue Taste beim Erscheinen von Identität B drücken – unabhängig davon, ob die Personen traurig oder glücklich aussahen. Die Zuordnung der Tasten zu den Urteilen war dabei ausbalanciert. Entsprechend des Between-Subject-Designs klassifizierten in jeder Probandengruppe die Hälfte der Kinder die Stimulus-Gesichter nach der Identität und die andere Hälfte nach dem emotionalen Ausdruck. Die Kinder wurden angeleitet, jedes Gesicht so schnell und so genau wie möglich zuzuordnen. Sie wurden dabei auch mit einem Ton vertraut gemacht, der bei einer falschen Zuordnung der Bilder erklang.

In den anschließenden Übungsdurchgängen konnte überprüft werden, ob die Kinder die Aufgabe verstanden hatten. Diese Trainingsphase umfasste zwei Blöcke, einen Block mit 16 Übungstrials, in dem die irrelevante Dimension konstant blieb (Kontrollbedingung), und einen Block mit 12 Übungstrials, in dem auch die irrelevante Dimension variierte (orthogonale Bedingung). Das Trainingsziel war es, in dem zweiten Übungsblock

mindestens 10 der 12 Bilder richtig zugeordnet zu haben. War dies nicht der Fall, konnte dieser Übungsblock mehrmals wiederholt werden, um das Trainingsziel zu erreichen - mit einem Maximum von fünf Wiederholungen. Alle Kinder erreichten dieses Lernkriterium. Die Übungsphase sollte ein hohes Niveau von Richtiglösungen gewährleisten, ihre Ergebnisse gingen nicht in die Auswertung ein.

Die zwei Testphasen umfassten jeweils drei Blöcke. Jeder der drei Blöcke entsprach dabei einer der drei experimentellen Bedingungen: 1 x *korreliert*, 1 x *orthogonal* und 1 x *Kontrollbedingung* (siehe Experimentelles Design). Alle drei Versuchsbedingungen kamen also im Laufe des Experiments zweimal vor, wobei die Reihenfolge, in der sie auftraten, variiert wurde und sich zwischen den beiden Testphasen stets unterschied. Zwischen den beiden Testphasen lag eine kurze Pause. Jeder Testblock umfasste 40 Stimulus-Gesichter. 2 Testphasen x 3 Testblöcke x 40 Trials ergaben insgesamt 240 Stimulus-Gesichter, die innerhalb der Testphasen klassifiziert werden mussten. In Anlehnung an die Arbeiten von Schweinberger und Soukup (Schweinberger & Soukup, 1998) sowie Spangler et al. (Spangler, et al., 2010) wurden die ersten 20 % eines jeden bearbeiteten Blocks als Übung gewertet und gingen entsprechend nicht in die statistischen Analysen ein. Für die Auswertung blieben folglich 192 Trials pro Versuchsteilnehmer.

Um die Motivation der Kinder während des Experiments aufrecht zu halten, wurde zusätzlich ein kleiner Bilder-Sammel-Anreiz geschaffen: nach jedem bearbeiteten Block erschien ein Display mit acht grauen Sternchen, wobei sich jedes Mal eines dieser Sternchen in eine kleine Tiger-Comicfigur verwandelte. Die Anzahl der Sternchen entsprach also der Anzahl der zu bearbeitenden Blockes und so konnten die Kinder immer sehen, wie weit sie in diesem Experiment schon gekommen waren.

Die Stimulus-Bilder wurden nacheinander auf einem grauen Bildhintergrund präsentiert. Jeder Durchgang begann mit einem weißen Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms. Nach 1150 ms erschien an dieser Stelle ein Stimulus-Gesicht und wurde so lange präsentiert bis eine der Reaktionszeittasten gedrückt wurde. Auf den Tastendruck hin verschwand der Stimulus und das Fixationskreuz war erneut für 1 150 ms zu sehen. Erfolgte keine Antwort, verschwand das Bild nach 5 000 ms und das Fixationskreuz und das nächste Bild erschienen wie gewohnt.

Insgesamt dauerte die Versuchsdurchführung ca. 20 bis 25 Minuten.

### 7.3 Ergebnisse

In die statistischen Analysen gingen nur die Reaktionszeiten von Richtiglösungen ein. Diese definierten sich als korrekte Antworten innerhalb eines Zeitfensters von 150 ms bis 2 000 ms. Aus den 192 relevanten Trials pro Versuchsperson mussten mindestens 75% richtig beantwortet sein, damit der Proband in der Auswertung berücksichtigt werden konnte. Alle Versuchsteilnehmer erreichten dieses Kriterium. Diese Definitionen wurden aus der Studie von Spangler et al. (2010) übernommen und sollten die Daten zwischen den Studien vergleichbar machen.

#### *Richtiglösungen*

In beiden Gruppen erreichten die Kinder ein hohes Niveau von Richtiglösungen (Kontrollgruppe:  $M = 97.2\%$ ,  $SD = 2.4\%$ ; Autismus-Gruppe:  $M = 96.4\%$ ,  $SD = 4.0\%$ ), was darauf hinwies, dass es keinen Speed-accuracy trade-off gab. Der Vergleich der Richtiglösungen zwischen den Gruppen ergab keinen signifikanten Unterschied,  $t(46) = .794$ ,  $p = .431$ , so dass davon ausgegangen werden konnte, dass die Aufgaben für die Kinder beider Gruppen ähnlich schwer waren.

#### *Reaktionszeiten*

Der Vergleich der Gesamtreaktionszeiten ergab signifikant langsamere Reaktionszeiten bei den autistischen als den nicht-autistischen Kindern,  $t(46) = -2.261$ ,  $p = .029$ . Dieser Unterschied beruhte hauptsächlich auf längeren Reaktionszeiten der autistischen Kinder beim Kategorisieren nach emotionalem Gesichtsausdruck,  $t(46) = -2.034$ ,  $p = .054$ . In der Identitätsaufgabe erreichten beide Gruppen vergleichbare Level in den Reaktionszeiten,  $t(46) = -1.029$ ,  $p = .314$ .

*Kontrollgruppe.* In der Kontrollgruppe sollten die Ergebnisse von Spangler et al. (2010) repliziert werden, d.h. es sollten ein Interferenzeffekt und möglicherweise ein Redundanzgewinn auftreten. Dafür wurden zwei Varianzanalysen mit Messwiederholungen mit dem Innersubjektfaktor „Bedingung“ (korrelierte, Kontroll- und orthogonale Bedingung) und dem Zwischensubjektfaktor „Dimension“ (Kategorisiere nach Identität bzw. emotionalem Ausdruck) durchgeführt. Die erste Varianzanalyse diente der Berechnung des Interferenzeffekts und verglich die Reaktionszeiten der orthogonalen und der Kontrollbedingung miteinander. In der Varianzanalyse zur Ermittlung des

Redundanzgewinns umfasste der Innersubjektfaktor hingegen die beiden Stufen korrelierte und Kontrollbedingung.

Bei der Berechnung des Interferenzeffekts zeigte die Varianzanalyse einen signifikanten Haupteffekt für die Bedingung,  $F(1, 22) = 12.475$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2 = .362$ , und einen signifikanten Interaktionseffekt für Bedingung und Dimension,  $F(1, 22) = 6.221$ ,  $p = .021$ ,  $\eta^2 = .220$ . Die post hoc T-Tests ergaben, dass die Reaktionszeiten in der orthogonalen Versuchsbedingung ( $M = 644$  ms,  $SD = 141$  ms) signifikant langsamer waren als in der Kontrollbedingung ( $M = 602$ ,  $SD = 149$ ), wenn die Stimulus-Gesichter nach dem emotionalen Ausdruck klassifiziert worden waren,  $t(11) = -3.383$ ,  $p = .006$ . Ein signifikanter Reaktionszeitunterschied in diese Richtung war als abhängige Verarbeitung definiert: Variationen in der Identität des Gesichts „störten“ die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks. Im Gegensatz dazu fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Reaktionszeiten der orthogonalen ( $M = 684$  ms,  $SD = 129$  ms) und der Kontrollbedingung ( $M = 677$  ms,  $SD = 126$  ms), wenn die Kinder nach der Identität des Stimulus-Gesichts sortiert hatten,  $t(11) = -1.141$ ,  $p = .278$ . Das Ausbleiben des Interferenzeffekts beim Klassifizieren nach Identität zeigte, dass die Identität unabhängig von Veränderungen im emotionalen Ausdruck verarbeitet wurde.

Die Varianzanalyse zur Berechnung des Redundanzgewinns, ergab keinen Haupteffekt für die Bedingung,  $F(1, 22) = .669$ ,  $p = .422$ , und keinen signifikanten Interaktionseffekt von Bedingung und Dimension,  $F(1, 22) = 2.111$ ,  $p = .160$ . Diese Ergebnisse sprachen dafür, dass es in der Kontrollgruppe keinen Redundanzgewinn gab.

*Autismus-Gruppe.* Zur Überprüfung des Vorliegens eines Interferenzeffekts bzw. eines Redundanzgewinns in der Autismus-Gruppe wurden ebenfalls zwei Varianzanalysen mit dem Innersubjektfaktor „Bedingung“ (1. Kontrollbedingung vs. orthogonale Bedingung für den Interferenzeffekt und 2. korrelierte vs. Kontrollbedingung für den Redundanzgewinn) und dem Zwischensubjektfaktor „Dimension“ (Identität, emotionaler Ausdruck) durchgeführt.

Es lag kein Interferenzeffekt vor: Im Vergleich der orthogonalen und der Kontrollbedingung zeigte sich weder ein Haupteffekt für die Bedingung,  $F(1, 22) = .369$ ,  $p = .550$ , noch ein signifikanter Interaktionseffekt für Bedingung und Dimension,  $F(1, 22) = .118$ ,  $p = .735$ .

Auch die Varianzanalyse über die Kontroll- und die korrelierten Bedingung zeigte keinen Redundanzgewinn: es fand sich kein Haupteffekt für die Bedingung,  $F(1,22) =$



1.286,  $p = .269$ , und kein Interaktionseffekt für Bedingung und Dimension,  $F(1, 22) = .354$ ,  $p = .558$ .

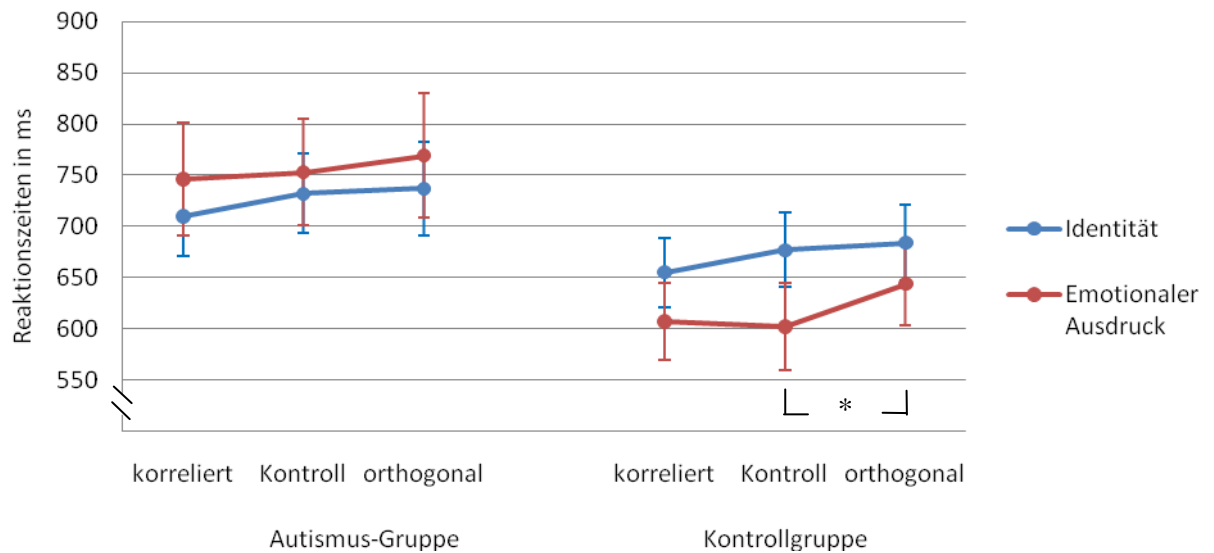


Abbildung 20. Mittlere Reaktionszeiten in ms mit Standardfehlern. Alle drei Versuchsbedingung (korrelierte, Kontroll-, orthogonale Bedingung) für die Klassifikationen nach Identität (blaue Linie) und emotionalem Ausdruck (rote Linie) getrennt nach Gruppen.

## 7.4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte, ob die gemeinsame Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks und der Identität von Gesichtern bei Kindern mit Autismus anders verläuft als bei nicht-autistischen Kindern. Die nicht-autistischen Kinder der Kontrollgruppe wiesen ein asymmetrisches Muster der Verarbeitung der beiden Dimensionen auf: wie bei Spangler et al. (2010) zeigte sich ein Interferenzeffekt, wenn die Stimulus-Gesichter nach dem emotionalen Gesichtsausdruck klassifiziert werden sollten, aber nicht wenn die Zuordnungen nach der Identität der Gesichter vorgenommen wurde. Auch das Ausbleiben eines Redundanzgewinns entsprach den Ergebnissen von Spangler et al. (2010).

Die Kinder der Autismus-Gruppe zeigten keinen Interferenzeffekt und keinen Redundanzgewinn. Sie verarbeiteten beide Dimensionen unabhängig voneinander, d.h. sie konnten selektiv auf die eine Dimension fokussieren und dabei die andere ignorieren. Beim Klassifizieren der Stimulus-Gesichter nach Identität waren die Kinder beider Gruppen

gleich schnell, während die autistischen Kinder langsamer als die nicht-autistischen Kinder waren, wenn die Gesichter nach ihrem emotionalen Ausdruck kategorisiert werden sollten.

In beiden Gruppen fand sich ein hohes Niveau von Richtiglösungen, was zeigt, dass die Kinder beider Gruppen die Aufgabe gleichermaßen gut lösen konnten.

Die Ergebnisse für die nicht-autistischen Kinder replizierten die Interaktionsasymmetrie in der Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck eines Gesichts, wie sie auch in vorangegangenen Studien berichtet wurde (Schweinberger & Soukup, 1998; Spangler, et al., 2010): während die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks von Variationen in der Identität des Gesichts beeinflusst wurde, also abhängig war, wurde die Identität eines Gesichts unabhängig vom emotionalen Ausdruck verarbeitet. Da die vorliegende Studie dieselbe Methode und sogar dieselben Stimuli verwendete wie die direkte Vorgängerstudie (Spangler, et al., 2010), ließen sich die Ergebnisse gut einreihen. Bisher wurden Erwachsene und Kinder im Alter von 5 bis 6 und 9 bis 10 Jahren untersucht. Die aktuellen Daten stützen die Annahme einer Interaktionsasymmetrie nun auch für die Altersgruppe 9 bis 15-jähriger Kinder und stärken somit die Annahme, dass die Interaktions-Asymmetrie im Laufe von Kindheit und Jugend keinen qualitativen Veränderungen unterliegt (Spangler, et al., 2010).

Die vorliegende Studie war die erste, die die gemeinsame Verarbeitung von Emotion und Identität an autistischen Kinder untersuchte. Die autistischen Kinder verarbeiteten beide Dimensionen unabhängig voneinander. Dies korrespondiert mit Ergebnissen von Hefter et al. (2005) für autistische Erwachsene, wonach die Leistungen im Erkennen von Emotion und Identität von Gesichtern nicht miteinander korrelierten. Es fanden sich hingegen keine Hinweise in den Daten, die die Ergebnisse von Robel et al. (2004) unterstützten, wonach der emotionale Ausdruck die Verarbeitung von Identität unterstützte. Bei der Einordnung der Ergebnisse zu den Befunden von Hefter et al. (2005) und Robel et al. (2004) ist einschränkend festzuhalten, dass diese beiden Studien nicht explizit die gemeinsame Verarbeitung von Identität und emotionalem Gesichtsausdruck adressierten.

Die Ergebnisse für die autistischen Kinder lassen sich nicht dem Modell von Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) erklären, welches eine interaktive Verarbeitung von invarianten und varianten Aspekten von Gesichtern annimmt. Wenn, wie von den Autoren angenommen, die interaktive Verarbeitung von invarianten und varianten Aspekten von Gesichtern durch Verbindungen zwischen bestimmten neuronalen Systemen moduliert

wird, muss aufgrund der vorliegenden Daten für autistische Kinder angenommen werden, dass diese neuronalen Netzwerke bei Menschen mit Autismus abweichende bzw. modifizierte Verknüpfungen aufweisen.

Die Unterschiede in den Leistungen von autistischen und nicht-autistischen Kindern zeigten sich am deutlichsten, wenn die Stimulus-Gesichter nach ihrem emotionalen Ausdruck sortiert werden sollten: in der Autismus-Gruppe war die Verarbeitung des Gesichtsausdrucks nicht von Variationen in der Identität beeinflusst, was darauf hinweist, dass die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks nicht mit der Verarbeitung von Identität interferiert. Dies lässt sich möglicherweise mit damit erklären, dass die Gesichterverarbeitung in dieser Population weniger konfigural bzw. integrativ verläuft (z.B. Deruelle, et al., 2008; Joseph & Tanaka, 2003; Teunisse & de Gelder, 2003). Menschen mit ASS tendieren dazu, sich in ihrer Wahrnehmung an Details zu orientieren, so konnte in der Verarbeitung von Gesichtern beobachtet werden, dass Personen mit Autismus eine Präferenz für die untere Hälfte von Gesichtern zeigen (Gross, 2004; Langdell, 1978) und eher die Mundregion als die Augenregion beachten, um einem Gesicht Informationen zu entnehmen (Back, et al., 2007; Hobson, et al., 1988; Joseph & Tanaka, 2003; Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002a). Da die meisten Hinweise auf die Identität einer Person jedoch durch die Augenregion vermittelt werden (Letourneau & Mitchell, 2008), reduziert eine Vermeidung dieser Region bei gleichzeitiger Konzentration auf die Mundregion wahrscheinlich den Einfluss von identitätsbezogenen Informationen auf die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks.

Die Abweichung von einer asymmetrischen Verarbeitung von Identität und emotionalem Gesichtsausdruck bei den autistischen Kindern ist vor allem deshalb besonders schwierig zu verstehen, da die Mechanismen, die der Verarbeitungsasymmetrie bei gesunden Kindern und Erwachsenen zugrunde liegen, bisher noch nicht umfassend geklärt sind.

Garner (1976) vermutete, dass die Verarbeitungsasymmetrie in der Asymmetrie der physikalischen Eigenschaften der Stimuli begründet sein könnte. Übertragen auf die vorliegende Studie hieße das, dass ein Gesicht immer eine Identität hat, auch wenn keine emotionalen Informationen gegeben sind, nämlich in einem neutralen Gesichtsausdruck. Umgekehrt kann ein Gesicht niemals nur eine emotionale Information abbilden ohne eine Identität zu haben. Folglich kann der emotionale Ausdruck nur in Verbindung mit einer Identität auftreten nicht aber umgekehrt. Die Ergebnisse der autistischen Probanden stellen diese Annahme grundsätzlich in Frage: die genannten physikalischen Eigenschaften waren

in beiden Probandengruppen dieselben, aber die autistischen Teilnehmer spiegelten sie nicht in ihrem Antwortverhalten wider. Entsprechend kann die Asymmetrie in den physikalischen Gegebenheiten der Stimuli allein nicht als Erklärung für die Asymmetrie in der Informationsverarbeitung dienen.

Alternativ ist es denkbar, dass eine solche Asymmetrie durch Lernen erworben sein könnte. Zum Erkennen der Identität eines Gesichts ist es effizienter, varianten Merkmale des Gesichts, die sich permanent verändern, auszublenden. Auf diese Weise würde eventuell schon früh gelernt, den emotionalen Ausdruck bei der Verarbeitung von Identität unbeachtet zu lassen. Sollte tatsächlich ein solches asymmetrisches Lernmodell der beobachteten Asymmetrie zugrunde liegen, müsste angenommen werden, dass autistische Kinder in diesem Lernprozess von der normalen Entwicklung abweichen, was sich durch die bekannte verminderte Aufmerksamkeit für Gesichter erklären könnte.

Schweinberger und Soukup (1998) boten eine andere mögliche Erklärung für die asymmetrische Verarbeitung an. Demnach unterscheiden sich Stimulusvariationen, die Informationen über Identität vermitteln und Stimulusvariationen, die andere Gesichtsinformationen übermitteln voneinander. Genauer gesagt: die Variationen im emotionalen Ausdruck sind primär räumliche Transformationen (z.B. Mundform, Augenbrauenform), während die Variationen in der Identität in nicht-räumlichen Variationen bestehen (z.B. Pigmente, Farben). Die Asymmetrie besteht demnach darin, dass räumliche Variationen abhängig von nicht-räumlichen Variation eines Gesichts verarbeitet werden, während die nicht-räumlichen Variationen unabhängig verarbeitet werden. Entsprechend könnte die unabhängige Verarbeitung von emotionalem Ausdruck (räumliche Transformation) und Identität (nicht-räumliche Gesichtervariation) bei Kindern mit Autismus als Hinweis auf grundlegende Unterschiede in der Verarbeitung von Emotionen verstanden werden, allerdings nicht in Form von räumlichen Veränderungen sondern mehr in den nicht-räumlichen Variationen. Autistische Kinder könnten sich beim Erkennen eines glücklichen Gesichts beispielsweise daran orientieren, ob Zähne zu sehen sind oder nicht. Um diese Annahme zu testen, wären weitere Studien nötig.

Neben den Verarbeitungsmustern zeigte sich in den Ergebnissen noch ein weiterer bemerkenswerter Unterschied zwischen den Gruppen: wenn die Stimulus-Gesichter nach dem emotionalen Ausdruck kategorisiert werden sollten, waren die autistischen Kinder deutlich langsamer als die Kinder der Kontrollgruppe, während beim Klassifizieren nach Identität beide Gruppen ähnliche Reaktionszeiten erzielten. Es hatte den Anschein, dass die Identitätsaufgabe ähnliche Anforderungen an beide Gruppen stellte, während die

Emotionsaufgabe für die autistischen Kinder mehr Herausforderungen barg. Dieses Ergebnis entspricht Studien, die ebenfalls keine Verschlechterung im Erkennen von Identität fanden, während die Leistungen in Aufgaben, die soziale Informationen wie den emotionalen Ausdruck betrafen (Celani, et al., 1999; Deruelle, et al., 2004), verschlechtert waren.

Es wäre auch denkbar, dass die langsame Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks ein Ausblenden der Identität bei der Verarbeitung ermöglicht oder zumindest ein solches reflektiert.

Für Kinder mit ASS bestätigen die vorliegenden Ergebnisse vorangegangene Berichte über Schwierigkeiten in der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks und zeigen, dass sich diese Schwierigkeiten auch in der gemeinsamen Verarbeitung von emotionalem Gesichtsausdruck und Identität bemerkbar machen.

## 8. GESAMTDISKUSSION

Die vorliegende Arbeit untersuchte, inwieweit sich bei Kindern und Jugendlichen mit Autismus eine Spezialisierung für Gesichter auf frühen und späten Stufen der visuellen Verarbeitung entwickelt.

Das visuelle System zeigt bei normaler Entwicklung eine Spezialisierung für Gesichter im Vergleich zu anderen Objekten, die sowohl in frühen als auch in späten Verarbeitungsprozessen zu beobachten ist. Für Kinder und Erwachsene mit Autismus wird hingegen berichtet, dass sie nicht dasselbe Ausmaß einer Gesichterspezialisierung zeigen. Bisher wurde dies allerdings vornehmlich für späte Stufen des Verarbeitungsprozesses untersucht. Für das Verständnis der autistustypischen Schwierigkeiten in der Verarbeitung von Gesichtern sind jedoch auch die frühen Verarbeitungsprozesse wichtig, da auf ihnen alle nachfolgenden Verarbeitungsprozesse aufbauen.

Um dem Zusammenspiel von Abweichungen auf frühen und / oder späten Stufen der Gesichterverarbeitung nachgehen zu können, wurden in der vorliegenden Arbeit frühe und späte Stufen der Gesichterverarbeitung innerhalb derselben Gruppe von autistischen Kindern untersucht und die Ergebnisse einer in Alter und IQ parallelisierten Gruppe von nicht-autistischen Kindern gegenübergestellt.

### *Zusammenfassung der Studienergebnisse*

Die Studien 1 und 2 untersuchten frühe Stufen der Gesichterverarbeitung, während Studie 3 späte Stufen adressierte. Weiterhin wurden im Vorfeld der Studien die alltäglichen Fähigkeiten der Kinder im Umgang mit Gesichtern erfasst.

*Studie 1: Salienz von Gesichtern.* Diese Studie befasste sich auf Verhaltensebene mit der Frage, ob Gesichter auf frühen Stufen der Verarbeitung für autistische Kinder genauso salient bzw. attraktiv sind wie für nicht-autistische Kinder. Bei sehr kurzer Darbietungszeit sollten Tiere in Bildern erkannt werden. Es wurde gemessen, inwieweit gelegentlich präsentierte menschliche Gesichter von der Aufgabe ablenkten. Die nicht-autistischen Kinder machten mehr Fehler, wenn menschliche Gesichter zur Ablenkung dargeboten wurden, während die autistischen Kinder in beiden Versuchsbedingungen exakt gleich viele Fehler machten. Dieser Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich allerdings nur in den absoluten Zahlen und wurde statistisch nicht signifikant. Insgesamt machten die Kinder der Autismus-Gruppe mehr Fehler als die Kinder der Kontrollgruppe.

*Studie 2: Strukturelle Enkodierung von Gesichtern.* Studie 2 untersuchte frühe Reaktionen auf Gesichter auf neuronaler Ebene. Im EEG wurden die EKPs N170 und P1 in Reaktion auf Objekte und Gesichter unterschiedlicher struktureller Komplexität ermittelt.

Die N170 wies über der rechten Hemisphäre bei den nicht-autistischen Kindern für alle Stimulusklassen eine stärkere Negativierung als bei den autistischen Kindern auf, während sie über der linken Hemisphäre in beiden Probandengruppen mit vergleichbaren Amplituden auftrat. Für die durch Gesichter evozierte N170 fand sich in der Kontrollgruppe eine deutliche Rechtslateralisierung, während die Spannung bei den autistischen Kindern bilateral verteilt war. In beiden Probandengruppen trat die N170 für Gesichter mit kürzeren Latenzen und größeren Amplituden auf als für Objekte. Rechtslateral evozierten bei den nicht-autistischen Kindern die einfach strukturierten Smileys größere Amplituden als Cartoon-Gesichter oder Fotos von Gesichtern, während bei den autistischen Kindern die Amplituden für alle Gesichtertypen vergleichbar ausfielen. Ausschließlich in der Autismus-Gruppe ließen sich Einflüsse des Alters auf die N170 erkennen: für alle Stimulusklassen nahmen dabei die Latenzen und die Amplitudengrößen mit zunehmendem Alter ab.

Die P1 präsentierte sich insgesamt in beiden Probandengruppen sehr ähnlich. An parietalen Elektroden wurden über der rechten Hemisphäre für alle Stimulusklassen größere P1-Amplituden gemessen als über der linken Hemisphäre. Zudem evozierten Smileys über diesen Regionen kleinere P1-Amplituden und Schmetterlinge größere Amplituden als alle anderen Stimulusklassen. Der einzige Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich in den P1-Latenzen. Diese differenzierten bei den gesunden Kindern besser zwischen den verschiedenen Stimulusklassen mit längeren Latenzen für Schmetterlinge und Hände als für alle drei Gesichterarten, während sie bei den autistischen Kindern für alle Stimuluskategorien ähnlich waren.

*Studie 3: Integration von Identität und emotionalem Ausdruck.* In Studie 3 wurde der Fokus auf spätere Verarbeitungsstufen gelegt und dabei die gleichzeitige Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck eines Gesichts betrachtet. Die Kinder sollten Gesichter entweder nach dem emotionalen Gesichtsausdruck oder nach der Identität kategorisieren. Die jeweils andere Dimension sollte ignoriert werden. Durch systematische Variation der Dimension, die ignoriert werden sollte, ließ sich feststellen, ob die Verarbeitung der einen Dimension die Verarbeitung der anderen beeinflusste oder ob beide unabhängig voneinander verarbeitet wurden.

Insgesamt machten die Kinder in beiden Gruppen wenig Fehler. Die Kinder der Kontrollgruppe zeigten aber schnellere Reaktionszeiten, wobei sich dieser Verarbeitungsvorteil nur zeigte, wenn die Gesichter nach ihrem emotionalen Ausdruck kategorisiert werden sollten. Bei den nicht-autistischen Kindern zeigte sich eine Interaktionsasymmetrie in der Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck. Dabei wurde die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks von Variationen in der Identität des Gesichts beeinflusst, also abhängig verarbeitet, während die Identität eines Gesichts unabhängig vom emotionalen Ausdruck verarbeitet wurde. Die autistischen Kinder verarbeiteten hingegen beide Dimensionen unabhängig voneinander.

*Vorerhebungen.* Im Vorfeld der Studien waren in den beiden Probandengruppen allgemeine Wahrnehmungsfähigkeiten zu Gesichtern in Form einer objektiven Messung mit dem Benton Facial Recognition-Test (Benton, et al., 1983) und einem Fremdrating durch die Eltern erhoben worden. Mit dem Benton Facial Recognition-Test (Benton, et al., 1983) wurde die Fähigkeit, fremde Gesichter wiederzuerkennen erfasst. In dieser Aufgabe zeigten die autistischen Kinder signifikant schlechtere Leistungen als die nicht-autistischen Kinder. In dem Fremdrating sollten die Eltern der untersuchten Kinder den alltäglichen Umgang ihrer Kinder mit Gesichtern in natürlicher Umgebung beschreiben. In der Autismus-Gruppe schätzten die Eltern die Reaktionen ihrer Kinder auf Gesichter sowie deren eigenen Gebrauch von Mimik als wenig intuitiv, natürlich und passend ein als die Eltern in der Kontrollgruppe.

#### *Frühe Stufen der Verarbeitung*

In den beiden Studien zur frühen Gesichterverarbeitung fielen sowohl in den Verhaltens- als auch in den neuronalen Daten deutliche Gruppenunterschiede auf: in Studie 1 lag das allgemeine Niveau der Richtiglösungen bei den autistischen Kindern deutlich niedriger als bei den nicht-autistischen Kindern. Dies galt für alle Stimulusklassen, also unabhängig davon, ob in den Bildern Tiere, Gesichter oder Objekte zu erkennen waren. Stimulusklassen übergreifend fand sich auch in der EEG-Ableitung bei autistischen Kindern eine insgesamt weniger starke neuronale Aktivierung im Bereich der N170. Diese Befunde wirken wie ein Rückstand der autistischen Kinder in der Entwicklung ihrer allgemeinen visuellen Wahrnehmungs- und Verarbeitungsfähigkeiten im Vergleich zu den gleichaltrigen nicht-autistischen Kindern. Mehr Fehler, kleinere N170-Amplituden und längere N170-Latenzen wurden in Entwicklungsstudien im Allgemeinen bei den jüngeren



Kindern beobachtet, wenn diese mit den Leistungen älterer Kinder verglichen wurden (z.B. M. Taylor, et al., 1999). Kuefner et al. (2010) postulieren, dass die altersbedingte Zunahme der N170-Amplituden und Abnahme der Latenzen, die bei Kindern zwischen 4 und 17 Jahren beobachtet werden (z.B. M. Taylor, et al., 1999), nicht gesichtsspezifisch seien, sondern für alle visuellen Stimuli gleichermaßen gelten, da sie durch perzeptuelle Reifungsprozesse bedingt würden. Genau solche Reifungsprozesse könnten bei den hier untersuchten autistischen Kindern verzögert oder gestört sein. Allgemeine Probleme in der Wahrnehmung, unabhängig davon, ob es sich um soziale Stimuli oder Objekte handelt, wurde für autistische Kinder in den letzten Jahren immer wieder dokumentiert (Behrmann, Thomas, et al., 2006).

Kuefner et al. (2010) beschrieben zudem, dass Kinder zwischen 4 und 17 Jahren unabhängig vom aktuellen Stand der perzeptuellen Reifung alle eine vergleichbare Spezialisierung für Gesichter zeigten, mit kürzeren Latenzen, größeren Amplituden und rechtsseitig stärkerer Aktivierung für Gesichter im Vergleich zu Objekten. Tatsächlich evozierten auch bei den autistischen Kindern der vorliegenden Arbeit Gesichter die typischen kürzeren Latenzen und größeren Amplituden. Die typische Eigenschaft der N170, zwischen Gesichtern und Nicht-Gesichtern zu differenzieren, war bei den autistischen Kindern also zu beobachten, mit der Einschränkung, dass die Amplitudenhöhen eine allgemeine Entwicklungsverzögerung andeuteten. Im Gegensatz dazu konnte die typische Rechtslateralisierung der durch Gesichter evozierten N170 (Bentin, et al., 1996; Kuefner, et al., 2010) bei den autistischen Kindern nicht beobachtet werden. Die Komponente war, wie sonst nur bei Objekten zu beobachten, bilateral verteilt (Rossion, et al., 2003). Die fehlende Rechtslateralisierung der gesichtsbezogenen N170 wirkt, als habe das Gesicht für Kinder mit ASS keine Sonderstellung, sondern werde wie ein Objekt verarbeitet. Die abweichende Spannungsverteilung bei den autistischen Kindern lässt andere neuronale Generatoren vermuten (Picton, et al., 2000). Die neuronalen Strukturen der rechten Hemisphäre, die an der Gesichterverarbeitung beteiligt sind und möglicherweise das N170-Potential mit generieren, sind vermutlich weniger aktiv oder anders verschaltet als bei Kindern ohne ASS.

Die autistischen Kinder zeigten in der Verarbeitung von Gesichtern noch andere Abweichungen von den nicht-autistischen Kindern. So zeigten sie nicht wie die gesunden Kinder verstärkte Reaktionen in der N170 und der P1-Latenz auf einfach strukturierte Gesichter. Bisher gab es keine Studien, die die neuronalen Reaktionen auf verschieden

komplexe Gesichtern bei Kindern direkt verglichen hätten und so wurden zwei hypothetische Erklärungsansätze für die Befunde diskutiert. Die bei den nicht-autistischen Kindern beobachteten verstärkten neuronalen Reaktionen auf einfache Gesichter könnten zum einen von einem Bias zu einfach strukturierten Gesichtern bzw. dem strukturellen Prototypen persistieren, wie er von der Orientierungsreaktion bei Neugeborenen bekannt ist (Goren, et al., 1975; Morton & Johnson, 1991). Dieser würde sich im Laufe der Entwicklung hin zu einer verstärkten Orientierung an natürlichen Gesichtern verändern. Das Ausbleiben einer verstärkten Reaktion auf Smileys bei autistischen Kindern müsste entsprechend implizieren, dass ihnen ein Bias zum strukturellen Prototypen fehlt und sie folglich die Entwicklung ihrer Gesichterwahrnehmung unter anderen Bedingungen beginnen, was wiederum einen Entwicklungsrückstand in dieser Gruppe erklären könnte. Alternativ wäre es denkbar, dass die starke neuronale Reaktion auf schematische Gesichter bei den gesunden Kindern einen größeren Einfluss holistischer Verarbeitungsprozesse im kindlichen strukturellen Verarbeitungssystem widerspiegelt. Sagiv und Bentin (2001) konnten bei gesunden Erwachsenen holistische und analytische Anteile in der N170, also der neuronalen Repräsentation der strukturellen Enkodierung, ausmachen. Inwieweit solche Anteile in der Gesichterverarbeitung bei Kindern zusammen spielen, ist bisher nicht untersucht. Für Menschen mit ASS ist ein Defizit in holistischer Verarbeitung bekannt. Happé und Frith (2006) fassten dieses Defizit als eine der zentralen Erklärungen für die autistische Symptomatik unter der Formulierung Schwächen in der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz zusammen. Dieses Defizit könnte bei den autistischen Kindern dazu geführt haben, dass die Smileys nicht zu einer Gestalt integriert wurden und somit die N170 für Smileys nicht größer ausfiel als für die komplexeren Gesichter. Dieser Erklärungsansatz würde bisher bekannte autismustypische Defizite in der holistischen Verarbeitung auch auf frühe Verarbeitungsstufen erweitern und somit die Schwierigkeiten in der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz (Frith, 1989; Happé & Frith, 2006) als eines der charakteristischen Merkmale der autistischen Störung betonen.

Eine Unterscheidung verschiedener Stimulusklassen konnte in der Kontrollgruppe auch in den Latenzen der P1 beobachtet werden. Dieses Ergebnis bestätigte die Annahme einiger Forscher, die P1 spiegle bereits sehr frühe Stufen der Gesichterverarbeitung wider (Itier & Taylor, 2002, 2004c; M. Taylor, Itier, et al., 2001). Auch wenn aus den Daten der vorliegenden Studie nicht hervorging, welche Prozesse genau die P1 repräsentiert, so wurde doch deutlich, dass diese bei den autistischen Kindern nicht im selben Maße

entwickelt sein können, da die P1-Latenzen in der Autismus-Gruppe für alle Stimuluskategorien gleich waren.

Im Bereich der N170 fiel bei den autistischen Kindern zusätzlich ein ungewöhnlicher Altersverlauf in der Amplitudenhöhe auf. Diese nahm mit zunehmendem Alter ab. Da Amplitudengrößen der N170 bei jüngeren Kindern im Allgemeinen weniger negativ, also kleiner sind als bei Erwachsenen (z.B. M. Taylor, et al., 1999), ist dieser bei den autistischen Kindern beobachtete Trend definitiv rückläufig. In der Vergleichsgruppe der nicht-autistischen Kinder ließ sich ein solcher Alterseinfluss auch nicht beobachten. Auch Taylor et al. (1999), die die Entwicklung der N170 bei gesunden Kindern zwischen 4 und 14 Jahren explizit untersuchten, dokumentierten keine kontinuierliche Entwicklung der Amplitudenstärke, sondern eher unsystematische Schwankungen zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Die Abnahme der neuronalen Aktivierung selektiv für Gesichter zeigt einen abnormen Trend in der Ausbildung des gesichterverarbeitenden Systems auf.

Es ist möglich, dass auf frühen Stufen der visuellen Verarbeitung bei autistischen Kindern auch soziale Defizite auf das gesichterverarbeitende System einwirken. In den Verhaltensdaten zur frühen Aufmerksamkeit für Gesichter fand sich ein - wenn auch nur kleiner - Anhaltspunkt auf ein frühes Desinteresse an menschlichen Gesichtern. Ein reduziertes Interesse an Gesichtern und anderen sozialen Stimuli ist für späte Stufen der Verarbeitung gut dokumentiert. Insbesondere die Aufzeichnung der Blickbewegungen von Personen mit Autismus beim Betrachten von sozialen Szenen, die auch menschliche Akteure beinhalteten, belegen eine Vermeidung von menschlichen Gesichtern und insbesondere deren Augen (Klin, et al., 2002b; Riby, et al., 2008). Klin, Jones, Schultz und Volkmar (2003) argumentieren, der autistische Geist sei von Anfang an nicht auf die soziale Welt ausgerichtet, was im deutlichen Gegensatz zum Verhalten von Kindern und Erwachsenen ohne Entwicklungsstörung steht. Diese scheinen vielmehr immer auf der Suche nach sozialen Reizen zu sein, so dass sie sogar soziale Bedeutungen in nicht-lebendige Dinge hineininterpretieren, wie es sich in der sozialen Attributionsaufgabe immer wieder beobachten lässt (Boraston, et al., 2007). Ein Desinteresse an Gesichtern entspricht der sozial orientierten kognitiven Theorie des Autismus, die bei autistischen Personen Defizite in der Fähigkeit zur ToM annimmt (z.B. Baron-Cohen & Wheelwright, 2004). Ein solches Desinteresse könnte sich möglicherweise durch alle Stufen der Verarbeitung hindurch ziehen und somit nicht nur die spontane Hinwendung zu Gesichtern

einschränken, sondern auch eine intensive Auseinandersetzung mit ihnen und der Art wie sie Informationen vermitteln vermindern.

Insgesamt ließen sich auf frühen Stufen der Verarbeitung in der Autismus-Gruppe also Hinweise auf eine Verzögerung in der allgemeinen visuellen Wahrnehmungsentwicklung feststellen. Die autistischen Kinder zeigten nur wenig Spezialisierung auf Gesichter, nämlich darin, dass die N170 zwischen Gesichtern und Objekten unterschied. Im Ganzen zeigten die autistischen Kinder jedoch in vielen Punkten Abweichungen von den Reaktionsmustern der gesunden Kinder. So fanden sich insbesondere in der N170 Abweichungen in den neuronalen Aktivierungsmustern, die andere neuronale Generatoren vermuten ließen. Es wurde ein allgemeines Defizit auf der frühen Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung deutlich mit einer besonderen Betroffenheit der Gesichterverarbeitung, sowie ungewöhnliche gegenläufige Entwicklungstrends in den Komponenten-Amplituden. Zudem fand sich in der frühen spontanen Reaktion auf Gesichter ein Anhaltspunkt dafür, dass Gesichter für autistische Kinder nicht so salient sind wie für nicht-autistische Kinder.

Für die frühen Stufen der Gesichterverarbeitung lässt sich also für die autistischen Kinder festhalten: Vor dem Hintergrund eines möglichen allgemeinen Wahrnehmungsdefizits scheint die Ausbildung einer Spezialisierung des visuellen Systems für die Verarbeitung von Gesichtern besonders betroffen zu sein, vor allem auf der Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung. Auf frühen Stufen des Verarbeitungsprozesses präsentierte sich bei den autistischen Kindern die Spezialisierung auf Gesichter mit einer deutlich geringeren Ausprägung.

### *Späte Stufen der Verarbeitung*

Auf späten Verarbeitungsstufen zeigten die autistischen Kinder Schwierigkeiten im Erkennen von Identität, langsamere Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken und ein anderes Verarbeitungsmuster in der gemeinsamen Verarbeitung dieser beiden Gesichtsinformationen.

Bisherige Studien untersuchten die Verarbeitung von emotionalem Ausdruck und der Identität von Gesichtern bei autistischen Kindern immer separat. Für das Erkennen von Personen anhand des Gesichts zeigten Kinder und Erwachsene manchmal Schwierigkeiten und manchmal ähnlich gute Leistungen wie die nicht-autistischen Probanden (z.B. Wilson,

et al., 2007; Wolf, et al., 2008). In der vorliegenden Studie waren die autistischen Kinder nicht so gut darin, fremde Gesichter wiederzuerkennen, wie die Kontrollkinder.

Für die Verarbeitung von sozialen Informationen von Gesichtern wie dem emotionalen Ausdruck findet sich insgesamt mehr Evidenz für ein Verarbeitungsdefizit bei Personen mit ASS. In der gemeinsamen Verarbeitung von emotionalem Ausdruck und Identität in der vorliegenden Arbeit zeigten die autistischen Kinder ebenfalls gewisse Schwierigkeiten in der Verarbeitung der Emotion, in Form von langsameren Reaktionszeiten wenn Gesichter nach ihrem emotionalen Ausdruck klassifiziert werden sollten.

Diese Schwierigkeiten waren in der untersuchten Probandengruppe offenbar nicht auf die experimentelle Situation beschränkt. Auch in der Einschätzung der Eltern zum Umgang mit Gesichtern in natürlichen Alltagssituationen wurde das Erkennen und Verstehen von Gesichtsausdrücken als unzureichend und der eigene Einsatz von emotionalen Gesichtsausdrücken als eingeschränkt eingeschätzt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zur Verarbeitung von Identität und emotionalem Gesichtsausdruck reihen sich also stimmig in bisherige Befunde ein und weisen auf deutliche Probleme in der Verarbeitung auf späten Stufen hin. Dabei lassen sich insbesondere die Probleme in der Verarbeitung der sozialen Informationen, also des emotionalen Gesichtsausdrucks, gut mit den autistischem Defiziten in der ToM erklären. Schwierigkeiten damit, sich selbst und Anderen mentale Zustände wie Emotionen oder Gedanken zuschreiben zu können, müssten automatisch dazu führen, dass das Erkennen und Verstehen von Gesichtsausdrücken erschwert und entsprechend langsamer abläuft.

Die vorliegende Studie ist die erste, die die gemeinsame Verarbeitung von emotionalem Gesichtsausdruck und Identität bei Kindern mit ASS untersucht. Die Kinder demonstrierten ein abweichendes Muster in der gegenseitigen Abhängigkeit der beiden Gesichtsinformationen und verarbeiteten beide unabhängig voneinander. Die nicht-autistischen Kinder verarbeiteten nur die Identität unabhängig von der Emotion, die Emotion allerdings in Abhängigkeit von der zugrundeliegenden Identität. Eine solche Asymmetrie wurde auch für jüngere Kinder und Erwachsene bestätigt (Schweinberger & Soukup, 1998; Spangler, et al., 2010). Die Abweichungen in den Leistungen der autistischen Kinder betrafen in erster Linie die Verarbeitung der Emotion: der emotionale Ausdruck wurde nicht nur langsamer verarbeitet sondern auch unabhängig von der Identität des Gesichts. Offensichtlich beeinflussen Probleme in der isolierten Verarbeitung

von Emotion und Identität auch die gemeinsame Verarbeitung dieser beiden Informationen. Die Informationen werden bei der Verarbeitung nicht in normalem Maße ineinander integriert. In Anlehnung an das neuronale Modell der Gesichterverarbeitung von Haxby et al. (Haxby, et al., 2000, 2002), das einen regen Austausch der an der Gesichterverarbeitung beteiligten neuronalen Strukturen annimmt, hieße das, dass die verschiedenen Strukturen offenbar weniger untereinander vernetzt sind, so dass weniger Austausch stattfindet. Eine verminderte Konnektivität bestätigte unter anderem Schultz (2005). Auch Kennedy & Courchesne (2008) beschrieben für ihre autistischen Probanden selektiv eine veränderte funktionale Organisation des neuronalen Netzwerkes, das an sozialer und emotionaler Verarbeitung beteiligt ist, aber nicht in den Netzwerken, die Aufmerksamkeit und zielgerichtete Kognitionen regulieren.

Die vorliegende Studie untersuchte auf späten Stufen nur die Verarbeitung von Gesichtern, nicht die von Objekten. Wie lässt sich also klären, ob die beobachteten Auffälligkeiten selektiv nur Gesichterverarbeitung betreffen? Viele Studien, die Gesichterverarbeitungs-fähigkeiten bei autistischen Probanden untersuchten, setzten diese Leistungen mit denen für Objekte in Bezug. Dabei zeigten sich die Defizite im Allgemeinen auf die Gesichter beschränkt (z.B. Boucher & Lewis, 1992; Wallace, et al., 2008a), teilweise fanden sich sogar Verarbeitungsvorteile für Objekte (Trepagnier, et al., 2002; Wolf, et al., 2008), so dass allgemein angenommen wird, dass bestimmte Auffälligkeiten in der Verarbeitung von Gesichtern bei Menschen mit Autismus tatsächlich auf Einschränkungen im gesichterverarbeitenden System und nicht allgemeine perzeptuelle Defizite zurückzuführen sind.

#### *Integration früher und später Stufen*

Die Daten der vorliegenden Arbeit zeigen für autistische Kinder sowohl auf frühen als auch auf späten Stufen der Gesichterverarbeitung deutliche Abweichungen von den Reaktionsmustern der nicht-autistischen Kinder. Auf frühen Stufen betrifft das Defizit in der Gesichterverarbeitung insbesondere die strukturelle Enkodierung von Stimuli. Nach dem Modell der Gesichterverarbeitung von Bruce und Young (1986) wird in der strukturellen Enkodierung die eingefangene Momentaufnahme des Gesichts in einzelne Informationskomponenten zerlegt. Einige dieser Komponenten dienen dem Erkennen von Identität und andere der Verarbeitung varianter Gesichtsinformationen. Bei den autistischen Kindern präsentierte sich diese frühe Verarbeitungsstufe

entwicklungsverzögert und nur eingeschränkt auf Gesichter spezialisiert. Statt dessen fanden sich deutliche Hinweise auf abweichende neuronale Grundlagen der strukturellen Enkodierung. Entsprechend dem Modell von Bruce und Young (1986) bedeuten Probleme auf der Stufe der strukturellen Enkodierung, dass das betrachtete Gesicht nicht so in seine Informationskomponenten zerlegt wird, wie es zur Weiterverarbeitung der varianten und invarianten Informationen des Gesichts notwendig wäre. Auch Eimer (2000c) postulierte einen Zusammenhang zwischen der frühen Enkodierung und späteren Verarbeitungsstufen und vermutete, dass Einschränkungen auf der Stufe der strukturellen Enkodierung das Erkennen der Identität eines Gesichts schädigen können, so wie es sich im Extremfall bei Prosopagnosie zeigt. Tatsächlich fanden sich in der vorliegenden Arbeit in derselben Gruppe autistischer Kinder auch auf späteren Verarbeitungsstufen Defizite in der Verarbeitung von Identität (Benton Facial Recognition Test), der Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken und in der gemeinsamen Verarbeitung von emotionalem Ausdruck und Identität im Vergleich zu den nicht-autistischen Kindern. Es scheint, als habe das Defizit auf frühen Verarbeitungsstufen tatsächlich auch Auswirkungen auf die Gesichterverarbeitung späterer Stufen.

Als Ursache für die beobachteten autistischen Abweichungen in der frühen und späten Gesichterverarbeitung sind insbesondere abweichende neuronale Grundlagen denkbar. Möglich wäre, dass bestimmte neuroanatomische Strukturen, die eine zentrale Rolle in der Gesichterverarbeitung spielen, nur eingeschränkt reagieren, wie beispielsweise der inferiore okzipitale Gyrus, dem die Verarbeitung einzelner Gesichtskomponenten zugeschrieben wird, sowie der superiore temporale Gyrus oder der laterale Gyrus fusiformis, die für die Verarbeitung varianter und invarianter Gesichtsinformationen verantwortlich sein sollen (Haxby, et al., 2000, 2002). Diese drei Strukturen bilden nach dem neuronalen Modell der Gesichterverarbeitung von Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) das Kernsystem in der Organisation der Verarbeitung, die durch ein komplexes System neuronaler Vernetzung auf allen Stufen der Verarbeitung in einem ständigen Informationsaustausch zueinander stehen. Viele bildgebende Studien konnten für Kinder und Erwachsene mit ASS reduzierte Aktivierungen in neuroanatomischen Strukturen dokumentieren, die für die Verarbeitung von Gesichtern zentral sind (Hadjikhani, et al., 2007; Schultz, 2005). Gleichzeitig ist bei autistischen Personen auch ein geringerer oder anderer Ausbau neuronaler Vernetzungen zwischen den Strukturen denkbar (Schultz, 2005).

Für die Befunde auf frühen und späten Verarbeitungsstufen wurden als Erklärungsansätze ebenfalls die beiden kognitiven Theorien des Autismus zu Einschränkungen in der Fähigkeit zu ToM (z.B. Baron-Cohen & Wheelwright, 2004) und der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz (Happé & Frith, 2006) diskutiert.

Die autistmustypischen Defizite in der ToM, also der Fähigkeit, sich selbst und Anderen mentale Zustände wie Emotionen, Gedanken oder Absichten zuschreiben zu können, könnten vor allem ein reduziertes frühes Interesse an Gesichtern erklären, aber auch die verlangsamten Reaktionen in der Verarbeitung von Gesichtsausdrücken. Während Defizite in der Fähigkeit zur ToM vornehmlich Einschränkungen in den sozialen Aspekten von Gesichterverarbeitung begründen können, könnte der autistmustypische, bevorzugt analytische Verarbeitungsstil die Wahrnehmungsdefizite bzw. die Schwierigkeiten in der strukturellen Enkodierung sowie die effektive Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck erklären.

Die viel beschriebenen Defizite in der Ausbildung einer ToM sowie in der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz konnten in dieser Arbeit nicht nur für komplexe Verarbeitungsprozesse auf späten Stufen der Verarbeitung gefunden werden, sondern ließen sich auch schon auf frühen Verarbeitungsstufen beobachten. Die vorliegenden Befunde lassen somit einen globalen Einfluss dieser autistmustypischen Defizite auf die frühe und die späte Gesichterverarbeitung vermuten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich bei autistischen Kinder eine Spezialisierung des visuellen Systems auf Gesichter nicht nur auf späten Stufen sondern auch schon auf frühen Stufen nur sehr eingeschränkt beobachten lässt. Dabei scheinen autistmustypische neuronale Veränderungen sowie Einschränkungen in der Fähigkeit zur ToM und der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz die Ausbildung einer solchen Spezialisierung für Gesichter zu behindern.

### *Fazit und Ausblick*

Die vorliegende Arbeit konnte einige neue Aspekte zur Gesichterverarbeitung bei autistischen Kindern liefern. Neu war dabei der Ansatz, frühe und späte Stufen der Verarbeitung in derselben Gruppen von Kindern zu untersuchen. Während sich die meisten Studien zur Gesichterverarbeitung bei Menschen mit ASS auf späte Verarbeitungsstufen konzentrieren und bisher überhaupt nur wenige Studien frühe Verarbeitungsprozesse untersuchten, konnten nun die Reaktionen auf beiden Verarbeitungsstufen direkt



miteinander verglichen werden. Dabei war die vorliegende Arbeit die erste, die bei Kindern die neuronalen Reaktionen auf unterschiedliche Gesichtertypen miteinander verglich. Zudem wurde bei autistischen Kindern erstmalig die gemeinsame Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck untersucht, was bisher immer getrennt geschah.

Um die vorliegenden Ergebnisse noch besser verstehen zu können, wären weitere Untersuchungen zum Entwicklungsverlauf des gesichterverarbeitenden Systems bei Kindern und Erwachsenen mit ASS wünschenswert. So könnte einerseits die neuronale Reaktion auf unterschiedlich komplexe Gesichter bei autistischen und nicht-autistischen Probanden, die älter als 15 Jahre sind, weiter verfolgt werden. Dabei ließe sich beobachten, wie sich die Verarbeitung von Objekten und Gesichtern verschiedener struktureller Komplexität weiterentwickelt und ob autistische Probanden ihren Entwicklungsrückstand in der neuronalen Repräsentation der strukturellen Enkodierung bis ins Erwachsenenalter aufholen können. Genauso interessant wie methodisch aufwändig wäre es, diesen Entwicklungsverlauf für einen vollständigen Überblick längsschnittlich mit derselben Methode für die Probanden aller Altersstufen abzubilden.

Einen zusätzlichen Gewinn könnten Untersuchungen der Gesichterwahrnehmungsfähigkeiten von Säuglingen mit ASS bringen. Sie könnten zeigen, ob autistische Kinder die Entwicklung der Gesichterverarbeitung mit denselben Voraussetzungen beginnen wie nicht-autistische Kinder, nämlich ob sie ein angeborenes Interesse an Gesichtern haben. Da das Vorliegen einer ASS nach wie vor noch nicht bei Neugeborenen diagnostiziert werden kann, könnte man dem aktuellen Trend der Forschung nachgehen und statt dessen die jüngeren Geschwister von Kindern mit einer Autismus-Diagnose untersuchen. Eine angeborene Aufmerksamkeit für Gesichter könnte bei diesen Kindern im Neugeborenenalter ganz klassisch mit der Präferenzmethode operationalisiert werden. Dieses Vorgehen lässt sich damit begründen, dass erstgradige Verwandte von Personen mit Autismus häufig autismusähnliche Verhaltensweise auf subklinischem Niveau aufweisen (Bailey, et al., 1998; Bolte, Knecht, et al., 2007; Bolte & Poustka, 2006), und nicht selten auch bei den jüngeren Geschwistern betroffener Kinder später Diagnosen aus dem autistischen Spektrum gestellt werden.

Die vorliegende Arbeit zeigte ebenfalls, dass das gesichterverarbeitende System auch bei gesunden Kindern und Erwachsenen noch nicht vollständig verstanden ist. So ist beispielsweise die Rolle der P1 in der Gesichterverarbeitung nach wie vor unklar. Auch in den vorliegenden Daten deutete sich an, dass diese Komponente zwischen verschiedenen

Stimulusklassen unterscheidet, dennoch bleibt erneut die Frage offen, worauf genau sie reagiert bzw. welche Prozesse der Gesichterverarbeitung sie reflektiert. Darüber hinaus ist auch ihr inhaltlicher und funktionaler Zusammenhang mit der N170 bisher nicht bekannt.

Die Arbeit von Sagiv und Bentin (2001) wie auch die vorliegenden Daten lassen auf der Verarbeitungsstufe der strukturellen Enkodierung Einflüsse holistischer und merkmalsbasierter Verarbeitungsweisen erkennen. Die vorliegende Arbeit hatte die Untersuchung dieser Verarbeitungsweisen jedoch nicht explizit zum Ziel und kann sie auch nicht gänzlich klären. In Anlehnung an die Studie von Sagiv und Bentin (2001) müssten die Stimuli zusätzlich auch invertiert dargeboten werden, damit das Zusammenspiel holistischer und merkmalsbasierter Anteile in der strukturellen Enkodierung bei Kindern besser zu erkennen ist.

Die Erkenntnisse zur Gesichterverarbeitung bei Kindern und Jugendlichen mit Autismus können wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung von Therapiekonzepten für autistische Kinder und Erwachsene leisten. Wenn sich auf frühen Verarbeitungsstufen eine gewisse Spezialisierung für Gesichter zeigt, so bildet das einen guten Ansatzpunkt für eine Intervention. Wenn die Defizite in frühen Prozessen auch durch die autistmustypischen Schwierigkeiten in der ToM und der Wahrnehmung von zentraler Kohärenz bedingt sind, dann könnten diese im Rahmen von Therapieprogrammen expliziter angesprochen werden. Nach Happé und Frith (2006) beispielsweise handelt es sich bei der verstärkten analytischen Verarbeitung um einen natürlichen Bias. Globale Verarbeitung ist also nicht dysfunktional sondern wird nur weniger automatisch eingesetzt. Auch sie könnte selektiv gefördert werden.

Eine Effektivitätssteigerung in bestehenden Interventionsprogrammen zur Förderung sozialer Kompetenzen bei autistischen Kindern und Erwachsenen wäre ein lohnendes Ziel für weitere Forschungsarbeit und könnte helfen, den Lebensalltag für Menschen mit Autismus und ihre Angehörigen leichter zu gestalten.

## 9. LITERATUR

- Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. [Review]. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(3), 165-178.
- Adolphs, R., Sears, L., & Piven, J. (2001). Abnormal processing of social information from faces in autism. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(2), 232-240.
- Allison, T., McCarthy, G., Nobre, A., Puce, A., & Belger, A. (1994). Human Extrastriate Visual Cortex and the Perception of Faces, Words, Numbers, and Colors. *Cereb. Cortex*, 4(5), 544-554.
- Anaki, D., Zion-Golumbic, E., & Bentin, S. (2007). Electrophysiological neural mechanisms for detection, configural analysis and recognition of faces. *Neuroimage*, 37(4), 1407-1416.
- Anderson, G. M., Gutknecht, L., Cohen, D. J., Brailly-Tabard, S., Cohen, J. H. M., Ferrari, P., et al. (2002). Serotonin transporter promoter variants in autism: functional effects and relationship to platelet hyperserotonemia. *Molecular Psychiatry*, 7(8), 831-836.
- Ashwin, C., Chapman, E., Colle, L., & Baron-Cohen, S. (2006). Impaired recognition of negative basic emotions in autism: a test of the amygdala theory. *Soc Neurosci*, 1(3-4), 349-363.
- Asperger, H. (1944). Die "Autistischen Psychopathen" im Kindesalter. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 1994, 117, 76-136.
- Attwood, A., Frith, U., & Hermelin, B. (1988). The understanding and use of interpersonal gestures by autistic and Down's syndrome children. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 18(2), 241-257.
- Aylward, E. H., Park, J. E., Field, K. M., Parsons, A. C., Richards, T. L., Cramer, S. C., et al. (2005). Brain activation during face perception: evidence of a developmental change. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2), 308-319.
- Back, E., Ropar, D., & Mitchell, P. (2007). Do the eyes have it? Inferring mental states from animated faces in autism. *Child Development*, 78(2), 397-411.
- Bacon-Mace, N., Kirchner, H., Fabre-Thorpe, M., & Thorpe, S. J. (2007). Effects of task requirements on rapid natural scene processing: From common sensory encoding to distinct decisional mechanisms. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 33(5), 1013-1026.
- Bailey, A., Palferman, S., Heavey, L., & LeCouteur, A. (1998). Autism: dephenotype in relatives. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 28, 369-392.
- Balconi, M., & Pozzoli, U. (2003). Face-selective processing and the effect of pleasant and unpleasant emotional expressions on ERP correlates. *Int J Psychophysiol*, 49(1), 67-74.
- Baron-Cohen, S. (1989). The autistic child's theory of mind: a case of specific developmental delay. *J Child Psychol Psychiatry*, 30(2), 285-297.
- Baron-Cohen, S., Golan, O., Chapman, E., & Granader, A. (2007). Transported to a world of emotion. *Psychologist*, 20(2), 76-77.
- Baron-Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., & Robertson, M. (1997). Another advanced test of theory of mind: evidence from very high functioning adults with autism or asperger syndrome. *J Child Psychol Psychiatry*, 38(7), 813-822.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21(1), 37-46.

- Baron-Cohen, S., Ring, H. A., Bullmore, E. T., Wheelwright, S., Ashwin, C., & Williams, S. C. R. (2000). The amygdala theory of autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24(3), 355-364.
- Baron-Cohen, S., Ring, H. A., Wheelwright, S., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Simmons, A., et al. (1999). Social intelligence in the normal and autistic brain: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 11(6), 1891-1898.
- Baron-Cohen, S., & Swettenham, J. (1997). Theory of mind in autism: its relationship to executive function and central coherence. In D. C. Cohen & F. R. Volkmar (Eds.), *Handbook for autism and pervasive developmental disorders* (pp. 880-893). New York: Wiley.
- Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The empathy quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 34(2), 163-175.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(2), 241-251.
- Barton, J. J. S., Cherkasova, M. V., Hefter, R., Cox, T. A., O'Connor, M., & Manoach, D. S. (2004). Are patients with social developmental disorders prosopagnosic? Perceptual heterogeneity in the Asperger and socio-emotional processing disorders. *Brain*, 127, 1706-1716.
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2006). The development of emotional face processing during childhood. *Dev Sci*, 9(2), 207-220.
- Behrmann, M., Avidan, G., Leonard, G. L., Kimchi, R., Luna, B., Humphreys, K., et al. (2006). Configural processing in autism and its relationship to face processing. *Neuropsychologia*, 44(1), 110-129.
- Behrmann, M., Thomas, C., & Humphreys, K. (2006). Seeing it differently: visual processing in autism. *Trends Cogn Sci*, 10(6), 258-264.
- Bennetto, L., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1996). Intact and impaired memory functions in autism. *Child Dev*, 67(4), 1816-1835.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551-565.
- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1), 35 - 55.
- Bentin, S., & Golland, Y. (2002). Meaningful processing of meaningless stimuli: the influence of perceptual experience on early visual processing of faces. *Cognition*, 86(1), B1-14.
- Bentin, S., Golland, Y., Flevaris, A., Robertson, L. C., & Moscovitch, M. (2006). Processing the trees and the forest during initial stages of face perception: Electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1406-1421.
- Bentin, S., Sagiv, N., Mecklinger, A., Friederici, A., & von Cramon, Y. D. (2002). Priming visual face-processing mechanisms: Electrophysiological evidence. *Psychological Science*, 13(2), 190-193.
- Benton, A. L., Sivan, A. B., Hamshir, K., Varney, N. R., & Spreem, O. (1983). *Benton Facial Recognition*. Lutz, Florida: PAR. Psychological Assessment Resources, Inc.

- Blair, R. J., Frith, U., Smith, N., Abell, F., & Cipolotti, L. (2002). Fractionation of visual memory: agency detection and its impairment in autism. *Neuropsychologia*, 40(1), 108-118.
- Bleuler, E. (1911). *Lehrbuch der Psychiatrie*. Berlin: Springer.
- Bobes, M. A., Lopera, F., Garcia, M., Diaz-Comas, L., Galan, L., & Valdes-Sosa, M. (2003). Covert matching of unfamiliar faces in a case of prosopagnosia: An ERP study. *Cortex*, 39(1), 41-56.
- Boddaert, N., Chabane, N., Gervais, H., Good, C. D., Bourgeois, M., Plumet, M. H., et al. (2004). Superior temporal sulcus anatomical abnormalities in childhood autism: a voxel-based morphometry MRI study. *Neuroimage*, 23(1), 364-369.
- Bölte, S. (2009). *Autismus. Spektrum, Ursachen, Diagnostik, Intervention, Perspektiven* (Vol. 1). Bern: Verlag Hans Huber.
- Bölte, S., Feineis-Matthews, S., & Poustka, F. (2008). Brief report: Emotional processing in high-functioning autism--physiological reactivity and affective report. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 38(4), 776-781.
- Bölte, S., Holtmann, M., Poustka, F., Scheurich, A., & Schmidt, L. (2007). Gestalt perception and local-global processing in high-functioning autism. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 37(8), 1493-1504.
- Bölte, S., Hubl, D., Feineis-Matthews, S., Prvulovic, D., Dierks, T., & Poustka, F. (2006). Facial affect recognition training in autism: can we animate the fusiform gyrus? *Behav Neurosci*, 120(1), 211-216.
- Bölte, S., Knecht, S., & Poustka, F. (2007). A case-control study of personality style and psychopathology in parents of subjects with autism. *J Autism Dev Disord*, 37(2), 243-250.
- Bölte, S., & Poustka, F. (2006). The broader cognitive phenotype of autism in parents: how specific is the tendency for local processing and executive dysfunction? *J Child Psychol Psychiatry*, 47(6), 639-645.
- Bölte, S., & Poustka, F. (2003). The recognition of facial affect in autistic and schizophrenic subjects and their first-degree relatives. *Psychol Med*, 33(5), 907-915.
- Bölte, S., Rühl, D., Schmötzer, G., & Poustka, F. (2006). *Diagnostisches Interview für Autismus - Revidiert (ADI-R)*. Bern: Hans Huber.
- Bölte, S., Uhlig, N., & Poustka, F. (2002). Das Savant-Syndrom: eine Übersicht. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 31, 291-297.
- Boraston, Z., Blakemore, S. J., Chilvers, R., & Skuse, D. (2007). Impaired sadness recognition is linked to social interaction deficit in autism. *Neuropsychologia*, 45(7), 1501-1510.
- Boucher, J., & Lewis, V. (1992). Unfamiliar face recognition in relatively able autistic children. *J Child Psychol Psychiatry*, 33(5), 843-859.
- Boutsen, L., Humphreys, G. W., Praamstra, P., & Warbrick, T. (2006). Comparing neural correlates of configural processing in faces and objects: an ERP study of the Thatcher illusion. *Neuroimage*, 32(1), 352-367.
- Bowler, D. M. (1992). "Theory of mind" in Asperger's syndrome. [Comparative Study]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 33(5), 877-893.
- Brace, N. A., Hole, G. J., Kemp, R. I., Pike, G. E., Van Duuren, M., & Norgate, L. (2001). Developmental changes in the effect of inversion: using a picture book to investigate face recognition. *Perception*, 30(1), 85-94.
- Brosnan, M. J., Scott, F. J., Fox, S., & Pye, J. (2004). Gestalt processing in autism: failure to process perceptual relationships and the implications for contextual understanding. *J Child Psychol Psychiatry*, 45(3), 459-469.

- Bruce, V., Campbell, R. N., Doherty-Sneddon, G., Import, A., Langton, S., McAuley, S., et al. (2000). Testing face processing skills in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 18, 319-333.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *Br J Psychol*, 77 ( Pt 3), 305-327.
- Bushnell, I. W. R., Sai, F., & Mullin, J. T. (1989). Neonatal Recognition of the Mothers Face. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 3-15.
- Caldara, R., Rossion, B., Bovet, P., & Hauert, C. A. (2004). Event-related potentials and time course of the "other-race" face classification advantage. *Neuroreport*, 15(5), 905-910.
- Calder, A. J., Young, A. W., Keane, J., & Dean, M. (2000). Configural information in facial expression perception. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 26(2), 527-551.
- Campbell, R., & De Haan, E. H. F. (1998). Repetition priming for face speech images: Speech-reading primes face identification. *British Journal of Psychology*, 89, 309-323.
- Capps, L., Yirmiya, N., & Sigman, M. (1992). Understanding of simple and complex emotions in non-retarded children with autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 33(7), 1169-1182.
- Carey, S., & Diamond, R. (1977). From piecemeal to configurational representation of faces. *Science*, 195(4275), 312-314.
- Carey, S., & Diamond, R. (1994). Are faces perceived as configurations more by adults than by children? *Visual Cognition*, 1(2), 253 - 274.
- Carey, S., Diamond, R., & Woods, B. (1980). Development of Face Recognition - a Maturational Component. *Developmental Psychology*, 16(4), 257-269.
- Carmel, D., & Bentin, S. (2002). Domain specificity versus expertise: factors influencing distinct processing of faces. [Comparative Study  
Research Support, Non-U.S. Gov't  
Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S.]. *Cognition*, 83(1), 1-29.
- Cassia, V. M., Turati, C., & Simion, F. (2004). Can a nonspecific bias toward top-heavy patterns explain newborns' face preference? *Psychological Science*, 15(6), 379-383.
- Castelli, F. (2005). Understanding emotions from standardized facial expressions in autism and normal development. [Comparative Study]. *Autism*, 9(4), 428-449.
- Castelli, F., Frith, C., Happe, F., & Frith, U. (2002). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Brain*, 125(Pt 8), 1839-1849.
- Cauquil, A. S., Edmonds, G. E., & Taylor, M. J. (2000). Is the face-sensitive N170 the only ERP not affected by selective attention? *Neuroreport*, 11(10), 2167-2171.
- Celani, G., Battacchi, M. W., & Arcidiacono, L. (1999). The understanding of the emotional meaning of facial expressions in people with autism. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 29(1), 57-66.
- Clark, T. F., Winkielman, P., & McIntosh, D. N. (2008). Autism and the Extraction of Emotion From Briefly Presented Facial Expressions: Stumbling at the First Step of Empathy. *Emotion*, 8(6), 803-809.
- Clark, V. P., Fan, S., & Hillyard, S. A. (1995). Identification of early visual evoked potential generators by retinotopic and topographic analyses. *Human Brain Mapping*, 2(3), 170-187.
- Cohen, L. B., & Cashon, C. H. (2001). Do 7-month-old infants process independent features or facial configurations? *Infant and Child Development*, 10(1-2), 83-92.
- Collishaw, S. M., & Hole, G. J. (2000). Featural and configurational processes in the recognition of faces of different familiarity. *Perception*, 29(8), 893-909.

- Corsello, C. (2000). Recognition of Faces and the Individual with Autism: the saliency of facial features. *Dissertation Abstracts International*, 61(4B).
- Courchesne, E., Pierce, K., Schumann, C. M., Redcay, E., Buckwalter, J. A., Kennedy, D. P., et al. (2007). Mapping early brain development in autism. *Neuron*, 56(2), 399-413.
- Critchley, H. D., Daly, E. M., Bullmore, E. T., Williams, S. C. R., Van Amelsvoort, T., Robertson, D. M., et al. (2000). The functional neuroanatomy of social behaviour - Changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions. *Brain*, 123, 2203-2212.
- Crookes, K., & McKone, E. (2009). Early maturity of face recognition: no childhood development of holistic processing, novel face encoding, or face-space. *Cognition*, 111(2), 219-247.
- Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, 48(3), 497-507.
- Dalton, K. M., Nacewicz, B. M., Johnstone, T., Schaefer, H. S., Gernsbacher, M. A., Goldsmith, H. H., et al. (2005). Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nature Neuroscience*, 8(4), 519-526.
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1990). Face Agnosia and the Neural Substrates of Memory. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 89-109.
- Dawson, G., Webb, S. J., Carver, L., Panagiotides, H., & McPartland, J. (2004). Young children with autism show atypical brain responses to fearful versus neutral facial expressions of emotion. *Dev Sci*, 7(3), 340-359.
- Dawson, G., Webb, S. J., & McPartland, J. (2005). Understanding the nature of face processing impairment in autism: insights from behavioral and electrophysiological studies. *Dev Neuropsychol*, 27(3), 403-424.
- de Gelder, B. C., Frissen, I., Barton, J., & Hadjikhani, N. (2003). A modulatory role for facial expressions in prosopagnosia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(22), 13105-13110.
- de Haan, M., Johnson, M. H., & Halit, H. (2003). Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: a review. *Int J Psychophysiol*, 51(1), 45-58.
- de Haan, M., Pascalis, O., & Johnson, M. H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(2), 199-209.
- de Heering, A., Houthuys, S., & Rossion, B. (2007). Holistic face processing is mature at 4 years of age: evidence from the composite face effect. *J Exp Child Psychol*, 96(1), 57-70.
- De Sonnaville, L. M. J., Verschoor, C. A., Njiokiktjien, C., Op het Veld, V., Toorenaar, N., & Vranken, M. (2002). Facial identity and facial emotions: Speed, accuracy, and processing strategies in children and adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(2), 200-213.
- Deffke, I., Sander, T., Heidenreich, J., Sommer, W., Curio, G., Trahms, L., et al. (2007). MEG/EEG sources of the 170-ms response to faces are co-localized in the fusiform gyrus. *Neuroimage*, 35(4), 1495-1501.
- Deruelle, C., Rondan, C., Gepner, B., & Tardif, C. (2004). Spatial frequency and face processing in children with autism and Asperger syndrome. *J Autism Dev Disord*, 34(2), 199-210.
- Deruelle, C., Rondan, C., Salle-Collemiche, X., Bastard-Rosset, D., & Da Fonseca, D. (2008). Attention to low- and high-spatial frequencies in categorizing facial identities, emotions and gender in children with autism. *Brain Cogn*, 66(2), 115-123.

- Di Russo, F., Martínez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S., & Hillyard, S. A. (2001). Cortical sources of the Early components of the visual evoked potential. *Human Brain Mapping, 14*, 95-111.
- Diamond, R., & Carey, S. (1977). Developmental changes in the representation of faces. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Experimental Child Psychology, 23*(1), 1-22.
- Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. [Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Experimental Psychology: General, 115*(2), 107-117.
- Domes, G., Kumbier, E., Herpertz-Dahlmann, B., & Herpertz, S. C. (2008). Autism und soziale Kognition. Eine Übersicht funktioneller Bildgebungsstudien. *Nervenarzt, 79*(3), 261-274.
- Dziobek, I., & Bölte, S. (2009). Neuropsychologie und funktionelle Bildgebung. In S. Bölte (Ed.), *Autismus* (Vol. 1). Bern: Verlag Hans Huber.
- Eimer, M. (1998). Does the face-specific N170 component reflect the activity of a specialized eye processor? *Neuroreport, 9*(13), 2945-2948.
- Eimer, M. (2000a). Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces. Evidence from event-related brain potentials. *Brain Res Cogn Brain Res, 10*(1-2), 145-158.
- Eimer, M. (2000b). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clin Neurophysiol, 111*(4), 694-705.
- Eimer, M. (2000c). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport, 11*(10), 2319-2324.
- Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport, 13*(4), 427-431.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *J Pers Soc Psychol, 17*(2), 124-129.
- Ellis, A. W., Young, A. W., & Flude, B. M. (1990). Repetition Priming and Face Processing - Priming Occurs within the System That Responds to the Identity of a Face. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section a-Human Experimental Psychology, 42*(3), 495-512.
- Ellis, H. D. (1992). The Development of Face Processing Skills. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 335*(1273), 105-111.
- Etcoff, N. L. (1984). Selective attention to facial identity and facial emotion. *Neuropsychologia, 22*(3), 281-295.
- Fagan, J. F., 3rd. (1972). Infants' recognition memory for faces. *J Exp Child Psychol, 14*(3), 453-476.
- Falck-Ytter, T. (2008). Face inversion effects in autism: a combined looking time and pupillometric study. *Autism Res, 1*(5), 297-306.
- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., & Tanaka, J. N. (1998). What is "special" about face perception? *Psychol Rev, 105*(3), 482-498.
- Farroni, T., Menon, E., & Johnson, M. H. (2006). Factors influencing newborns' preference for faces with eye contact. *J Exp Child Psychol, 95*(4), 298-308.
- Fein, D., Lucci, D., Braverman, M., & Waterhouse, L. (1992). Comprehension of affect in context in children with pervasive developmental disorders. *J Child Psychol Psychiatry, 33*(7), 1157-1167.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (Vol. 3). London: SAGE Publications Ltd.



- Flin, R. H. (1985). Development of face recognition: an encoding switch? *Br J Psychol*, 76 ( Pt 1), 123-134.
- Folstein, S., & Rutter, M. (1977). Genetic Influences and Infantile-Autism. *Nature*, 265(5596), 726-728.
- Fombonne, E. (2001). What is the prevalence of Asperger disorder? [Review]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 31(3), 363-364.
- Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. [Comparative Study Review]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 33(4), 365-382.
- Freire, A., Lee, K., & Symons, L. A. (2000). The face-inversion effect as a deficit in the encoding of configural information: Direct evidence. *Perception*, 29(2), 159-170.
- Frith, U. (1989). *Explaining the enigma*. Oxford: Blackwell.
- Frith, U. (1994). Autism and theory of mind in everyday life. *Social Development*, 3(2), 108-124.
- Gamer, M., & Buchel, C. (2009). Amygdala Activation Predicts Gaze toward Fearful Eyes. *Journal of Neuroscience*, 29(28), 9123-9126.
- Garner, W. R. (1976). Interaction of Stimulus Dimensions in Concept and Choice Processes. *Cognitive Psychology*, 8(1), 98-123.
- Gegenfurtner, K. R. (2006). *Gehirn & Wahrnehmung* (Vol. 4). Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Geldart, S., Mondloch, C. J., Maurer, D., de Schonen, S., & Brent, H. P. (2002). The effect of early visual deprivation on the development of face processing. *Developmental Science*, 5(4), 490-501.
- Gelskov, S. V., & Kouider, S. (2010). Psychophysical thresholds of face visibility during infancy. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Cognition*, 114(2), 285-292.
- Gepner, B., Deruelle, C., & Grynfeldt, S. (2001). Motion and emotion: A novel approach to the study of face processing by young autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 37-45.
- Giovannelli, J. L. (2006). Face processing abilities in children with autism. *Dissertation Abstracts International*, 67(6B), 3450.
- Gliga, T., & Dehaene-Lambertz, G. (2005). Structural encoding of body and face in human infants and adults. *J Cogn Neurosci*, 17(8), 1328-1340.
- Golan, O., Baron-Cohen, S., & Golan, Y. (2008). The 'Reading the Mind in Films' task [child version]: Complex emotion and mental state recognition in children with and without autism spectrum conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(8), 1534-1541.
- Golan, O., Baron-Cohen, S., Hill, J. J., & Golan, Y. (2006). The "reading the mind in films" task: complex emotion recognition in adults with and without autism spectrum conditions. *Soc Neurosci*, 1(2), 111-123.
- Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. Y. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants. *Pediatrics*, 56(4), 544-549.
- Graham, R., & LaBar, K. S. (2007). Garner interference reveals dependencies between emotional expression and gaze in face perception. *Emotion*, 7(2), 296-313.
- Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 55(4), 468-484.
- Grelotti, D. J., Gauthier, I., & Schultz, R. T. (2002). Social interest and the development of cortical face specialization: what autism teaches us about face processing. *Dev Psychobiol*, 40(3), 213-225.
- Griffith, E. M., Pennington, B. F., Wehner, E. A., & Rogers, S. J. (1999). Executive functions in young children with autism. [Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Child Development*, 70(4), 817-832.

- Gross, T. F. (2004). The perception of four basic emotions in human and nonhuman faces by children with autism and other developmental disabilities. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 32(5), 469-480.
- Gross, T. F. (2005). Global-local precedence in the perception of facial age and emotional expression by children with autism and other developmental disabilities. *J Autism Dev Disord*, 35(6), 773-785.
- Gunji, A., Inagaki, M., Inoue, Y., Takeshima, Y., & Kaga, M. (2009). Event-related potentials of self-face recognition in children with pervasive developmental disorders. *Brain Dev*, 31(2), 139-147.
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., Chabris, C. F., Clark, J., Steele, S., et al. (2004). Activation of the fusiform gyrus when individuals with autism spectrum disorder view faces. *Neuroimage*, 22(3), 1141-1150.
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., & Tager-Flusberg, H. (2007). Abnormal activation of the social brain during face perception in autism. *Human Brain Mapping*, 28(5), 441-449.
- Halit, H., de Haan, M., & Johnson, M. H. (2000). Modulation of event-related potentials by prototypical and atypical faces. *Neuroreport*, 11(9), 1871-1875.
- Halit, H., de Haan, M., & Johnson, M. H. (2003). Cortical specialisation for face processing: face-sensitive event-related potential components in 3- and 12-month-old infants. *Neuroimage*, 19(3), 1180-1193.
- Happé, F. (1994). An advanced test of theory of mind: understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped, and normal children and adults. *J Autism Dev Disord*, 24(2), 129-154.
- Happé, F. (1995). The role of age and verbal ability in the theory of mind task performance of subjects with autism. *Child Dev*, 66(3), 843-855.
- Happé, F. (1996). Studying weak central coherence at low levels: Children with autism do not succumb to visual illusions. A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 37(7), 873-877.
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, 36(1), 5-25.
- Hauck, M., Fein, D., Maltby, N., Waterhouse, L., & Feinstein, C. (1998). Memory for faces in children with autism. *Child Neuropsychology*, 4(3), 187-198.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223-233.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51(1), 59-67.
- Heaton, P., & Wallace, G. L. (2004). Annotation: the savant syndrome. [Review]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 45(5), 899-911.
- Hefter, R. L., Manoach, D. S., & Barton, J. J. (2005). Perception of facial expression and facial identity in subjects with social developmental disorders. *Neurology*, 65(10), 1620-1625.
- Henderson, R. M., McCulloch, D. L., & Herbert, A. M. (2003). Event-related potentials (ERPs) to schematic faces in adults and children. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *International Journal of Psychophysiology*, 51(1), 59-67.
- Herba, C., & Phillips, M. (2004). Annotation: Development of facial expression recognition from childhood to adolescence: behavioural and neurological perspectives. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(7), 1185-1198.
- Hernandez, N., Metzger, A., Magne, R., Bonnet-Brilhaut, F., Roux, S., Barthelemy, C., et al. (2009). Exploration of core features of a human face by healthy and autistic adults analyzed by visual scanning. *Neuropsychologia*, 47(4), 1004-1012.

- Hershler, O., & Hochstein, S. (2005). At first sight: A high-level pop out effect for faces. *Vision Research*, 45(13), 1707-1724.
- Herzmann, G., Schweinberger, S. R., Sommer, W., & Jentsch, I. (2004). What's special about personally familiar faces? A multimodal approach. *Psychophysiology*, 41(5), 688-701.
- Hobson, R. P., Ouston, J., & Lee, A. (1988). Whats in a Face - the Case of Autism. *British Journal of Psychology*, 79, 441-453.
- Holmes, A., Winston, J. S., & Eimer, M. (2005). The role of spatial frequency information for ERP components sensitive to faces and emotional facial expression. *Brain Res Cogn Brain Res*, 25(2), 508-520.
- Hopf, J. M., & Mangun, G. R. (2000). Shifting visual attention in space: an electrophysiological analysis using high spatial resolution mapping. *Clin Neurophysiol*, 111(7), 1241-1257.
- Hubert, B. E., Wicker, B., Monfardini, E., & Deruelle, C. (2009). Electrodermal reactivity to emotion processing in adults with autistic spectrum disorders. *Autism*, 13(1), 9-19.
- Hubl, D., Bolte, S., Feineis-Matthews, S., Lanfermann, H., Federspiel, A., Strik, W., et al. (2003). Functional imbalance of visual pathways indicates alternative face processing strategies in autism. *Neurology*, 61(9), 1232-1237.
- Hui-wen Hsiao, J., & Cottrell, G. (2008). *Two fixations are all you need to recognize a face: The influence of eye fixations on face recognition*. Paper presented at the ICP, Berlin.
- Humphreys, K., Minshew, N., Leonard, G. L., & Behrmann, M. (2007). A fine-grained analysis of facial expression processing in high-functioning adults with autism. *Neuropsychologia*, 45(4), 685-695.
- Iarocci, G., Burack, J. A., Shore, D. I., Mottron, L., & Enns, J. T. (2006). Global-local visual processing in high functioning children with autism: structural vs. implicit task biases. *J Autism Dev Disord*, 36(1), 117-129.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2002). Inversion and contrast polarity reversal affect both encoding and recognition processes of unfamiliar faces: a repetition study using ERPs. *Neuroimage*, 15(2), 353-372.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004a). Effects of repetition and configural changes on the development of face recognition processes. *Developmental Science*, 7(4), 469-487.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004b). Face recognition memory and configural processing: A developmental ERP study using upright, inverted, and contrast-reversed faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(3), 487-502.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004c). N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face processing using ERPs. *Cerebral Cortex*, 14(2), 132-142.
- Jeffreys, D. A., & Axford, J. G. (1972). Source locations of pattern-specific components of human visual evoked potentials. II. Component of extrastriate cortical origin. *Exp Brain Res*, 16(1), 22-40.
- Jeffreys, D. A., & Tukmachi, E. S. (1992). The vertex-positive scalp potential evoked by faces and by objects. *Exp Brain Res*, 91(2), 340-350.
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40(1-2), 1-19.
- Johnson, M. H., & Farroni, T. (2003). Percieving and acting on the eyes: The development and neural basis of eye gaze perception. In O. Pascalis & A. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood* (pp. 155-167). Hauppauge, New York: Nova.

- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1999). The Strange Stories Test: A replication with high-functioning adults with autism or Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(5), 395-406.
- Joseph, R. M., & Tager-Flusberg, H. (1997). An investigation of attention and affect in children with autism and Down syndrome. *J Autism Dev Disord*, 27(4), 385-396.
- Joseph, R. M., & Tanaka, J. (2003). Holistic and part-based face recognition in children with autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 44(4), 529-542.
- Kahana-Kalman, R., & Walker-Andrews, A. S. (2001). The role of person familiarity in young infants' perception of emotional expressions. [Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S.]. *Child Development*, 72(2), 352-369.
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-253.
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302-4311.
- Kasari, C., Sigman, M., Mundy, P., & Yirmiya, N. (1990). Affective Sharing in the Context of Joint Attention Interactions of Normal, Autistic, and Mentally-Retarded Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 20(1), 87-100.
- Kaufmann, J. M., & Schweinberger, S. R. (2004). Expression influences the recognition of familiar faces. *Perception*, 33(4), 399-408.
- Kemler Nelson, D. G. (1989). The nature and occurrence of holistic processing. In B. E. Shepp & S. Ballesteros (Eds.), *Object perception: Structure and Process*. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Kemner, C., Schuller, A. M., & van Engeland, H. (2006). Electrocortical reflections of face and gaze processing in children with pervasive developmental disorder. *J Child Psychol Psychiatry*, 47(10), 1063-1072.
- Kennedy, D. P., & Courchesne, E. (2008). The intrinsic functional organization of the brain is altered in autism. *Neuroimage*, 39(4), 1877-1885.
- Kikuchi, Y., Senju, A., Tojo, Y., Osanai, H., & Hasegawa, T. (2009). Faces do not capture special attention in children with autism spectrum disorder: a change blindness study. *Child Dev*, 80(5), 1421-1433.
- Klauck, S. (2009). Verhaltensgenetik, Molekulargenetik und Tiermodelle. In S. Bölte (Ed.), *Autismus* (Vol. 1). Bern: Verlag Hans Huber.
- Kleinhaus, N., Akshoomoff, N., & Delis, D. C. (2005). Executive functions in autism and Asperger's disorder: flexibility, fluency, and inhibition. [Research Support, N.I.H., Extramural Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Developmental Neuropsychology*, 27(3), 379-401.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., & Volkmar, F. (2003). The enactive mind, or from actions to cognition: lessons from autism. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 358(1430), 345-360.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002a). Defining and quantifying the social phenotype in autism. *Am J Psychiatry*, 159(6), 895-908.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002b). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Arch Gen Psychiatry*, 59(9), 809-816.
- Klin, A., Sparrow, S. S., de Bildt, A., Cicchetti, D. V., Cohen, D. J., & Volkmar, F. R. (1999). A normed study of face recognition in autism and related disorders. *J Autism Dev Disord*, 29(6), 499-508.
- Krombholz, A., Schaefer, F., & Boucsein, W. (2007). Modification of N170 by different emotional expression of schematic faces. *Biol Psychol*, 76(3), 156-162.
- Kuefner, D., de Heering, A., Jacques, C., Palmero-Soler, E., & Rossion, B. (2010). Early Visually Evoked Electrophysiological Responses Over the Human Brain (P1,

- N170) Show Stable Patterns of Face-Sensitivity from 4 years to Adulthood. *Front Hum Neurosci*, 3, 67.
- Kuusikko, S., Haapsamo, H., Jansson-Verkasalo, E., Hurtig, T., Mattila, M. L., Ebeling, H., et al. (2009). Emotion recognition in children and adolescents with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, 39(6), 938-945.
- Labarbera, J. D., Izard, C. E., Vietze, P., & Parisi, S. A. (1976). 4-Month-Old and 6-Month-Old Infants Visual Responses to Joy, Anger, and Neutral Expressions. *Child Development*, 47(2), 535-538.
- Lahaie, A., Mottron, L., Arguin, A., Berthiaume, C., Jemel, B., & Saumier, D. (2006). Face perception in high-functioning autistic adults: Evidence for superior processing of face parts, not for a configural face-processing deficit. *Neuropsychology*, 20(1), 30-41.
- Langdell, T. (1978). Recognition of Faces - Approach to Study of Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 19(3), 255-268.
- Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face processing stages: impact of difficulty and the separation of effects. *Brain Res*, 1123(1), 179-187.
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2001). Neuroperception. Early visual experience and face processing. *Nature*, 410(6831), 890.
- LeCouteur, A., Bailey, A., Goode, S., Pickles, A., Robertson, S., Gottesman, I., et al. (1996). A broader phenotype of autism: The clinical spectrum in twins. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 37(7), 785-801.
- Letourneau, S. M., & Mitchell, T. V. (2008). Behavioral and ERP measures of holistic face processing in a composite task. *Brain Cogn*, 67(2), 234-245.
- Lewy, A. L., & Dawson, G. (1992). Social stimulation and joint attention in young autistic children. *J Abnorm Child Psychol*, 20(6), 555-566.
- Lopez, B., Donnelly, N., Hadwin, J. A., & Leekam, S. R. (2004). Face processing in high-functioning adolescents with autism: Evidence for weak central coherence. *Visual Cognition*, 11(6), 673-688.
- Lopez, B., & Leekam, S. R. (2003). Do children with autism fail to process information in context? *J Child Psychol Psychiatry*, 44(2), 285-300.
- Lopez, B., Lincoln, A. J., Ozonoff, S., & Lai, Z. (2005). Examining the relationship between executive functions and restricted, repetitive symptoms of Autistic Disorder. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 35(4), 445-460.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge: MIT Press.
- Macchi Cassia, V., Kuefner, D., Westerlund, A., & Nelson, C. A. (2006). Modulation of face-sensitive event-related potentials by canonical and distorted human faces: the role of vertical symmetry and up-down featural arrangement. *J Cogn Neurosci*, 18(8), 1343-1358.
- Maestro, S., Muratori, F., Cavallaro, M. C., Pei, F., Stern, D., Golse, B., et al. (2002). Attentional skills during the first 6 months of age in autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 41(10), 1239-1245.
- Maurer, D., Le Grand, R., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 255-260.
- Mazefsky, C. A., & Oswald, D. P. (2007). Emotion perception in Asperger's syndrome and high-functioning autism: The importance of diagnostic criteria and cue intensity. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(6), 1086-1095.
- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Allison, T. (1997). Face-Specific Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(5), 605-610.

- McIntosh, D. N., Reichmann-Decker, A., Winkielman, P., & Wilbarger, J. L. (2006). When the social mirror breaks: deficits in automatic, but not voluntary, mimicry of emotional facial expressions in autism. *Developmental Science*, 9(3), 295-302.
- McKone, E., & Kanwisher, N. (2005). Does the human brain process objects of expertise like faces? A review of the evidence. *From Monkey Brain to Human Brain*. MIT Press, Cambridge, MA.
- McPartland, J., Dawson, G., Webb, S. J., Panagiotides, H., & Carver, L. J. (2004). Event-related brain potentials reveal anomalies in temporal processing of faces in autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(7), 1235-1245.
- Mercadante, M. T., Cysneiros, R. M., Schwartzman, J. S., Arida, R. M., Cavaleiro, E. A., & Scorza, F. A. (2008). Neurogenesis in the amygdala: a new etiologic hypothesis of autism? *Med Hypotheses*, 70(2), 352-357.
- Miller, L. K. (1999). The savant syndrome: intellectual impairment and exceptional skill. [Review]. *Psychological Bulletin*, 125(1), 31-46.
- Milne, E., & Griffiths, H. (2007). Visual perception and visual dysfunction in autistic spectrum disorder: a literature review. *BRITISH AND IRISH ORTHOPTIC JOURNAL*, 4, 15.
- Milne, E., Griffiths, H., Buckley, D., & Scope, A. (2009). Vision in children and adolescents with autistic spectrum disorder: evidence for reduced convergence. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 39(7), 965-975.
- Milne, E., Scope, A., Pascalis, O., Buckley, D., & Makeig, S. (2009). Independent Component Analysis Reveals Atypical Electroencephalographic Activity During Visual Perception in Individuals with Autism. [doi: DOI: 10.1016/j.biopsycho.2008.07.017]. *Biological Psychiatry*, 65(1), 22-30.
- Minshew, N. J., & Goldstein, G. (2001). The pattern of intact and impaired memory functions in autism. [Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S. Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 42(8), 1095-1101.
- Mitchell, P., & O'Keefe, K. (2008). Brief report: Do individuals with autism spectrum disorder think they know their own minds? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(8), 1591-1597.
- Miyahara, M., Bray, A., Tsujii, M., Fujita, C., & Sugiyama, T. (2007). Reaction time of facial affect recognition in Asperger's disorder for cartoon and real, static and moving faces. *Child Psychiatry Hum Dev*, 38(2), 121-134.
- Mondloch, C. J., Geldart, S., Maurer, D., & Le Grand, R. (2003). Developmental changes in face processing skills. *J Exp Child Psychol*, 86(1), 67-84.
- Mondloch, C. J., Le Grand, R., & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception*, 31(5), 553-566.
- Mondloch, C. J., Leis, A., & Maurer, D. (2006). Recognizing the face of Johnny, Suzy, and me: insensitivity to the spacing among features at 4 years of age. *Child Dev*, 77(1), 234-243.
- Montague, D. R., & Walker-Andrews, A. S. (2002). Mothers, fathers, and infants: the role of person familiarity and parental involvement in infants' perception of emotion expressions. *Child Dev*, 73(5), 1339-1352.
- Moore, C., & Corkum, V. (1998). Infant gaze following based on eye direction. *British Journal of Developmental Psychology*, 16(4), 495-503.
- Morton, J., & Johnson, M. H. (1991). CONSPEC and CONLERN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychol Rev*, 98(2), 164-181.

- Mottron, L., Burack, J. A., Stauder, J. E., & Robaey, P. (1999). Perceptual processing among high-functioning persons with autism. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 40(2), 203-211.
- Mouchetant-Rostaing, Y., & Giard, M. H. (2003). Electrophysiological correlates of age and gender perception on human faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(6), 900-910.
- Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Bentin, S., Aguera, P. E., & Pernier, J. (2000). Neurophysiological correlates of face gender processing in humans. *European Journal of Neuroscience*, 12(1), 303-310.
- Munte, T. F., Brack, M., Groothier, O., Wieringa, B. M., Matzke, M., & Johannes, S. (1998). Brain potentials reveal the timing of face identity and expression judgments. *Neuroscience Research*, 30(1), 25-34.
- Nelson, C. A. (2001). The development and neural bases of face recognition. *Infant and Child Development*, 10(1-2), 3-18.
- Nieminen-von Wendt, T., Metsahonkala, L., Kulomaki, T., Aalto, S., Autti, T., Vanhala, R., et al. (2003). Changes in cerebral blood flow in Asperger syndrome during theory of mind tasks presented by the auditory route. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 12(4), 178-189.
- Njiokiktjien, C., Verschoor, A., de Sonnevile, L., Huyser, C., Op het Veld, V., & Toorenaar, N. (2001). Disordered recognition of facial identity and emotions in three Asperger type autists. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 10(1), 79-90.
- Noterdaeme, M. (2009). Komorbidität und Differentialdiagnose. In S. Bölte (Ed.), *Autismus* (Vol. 1). Bern: Verlag Hans Huber.
- Nyden, A., Gillberg, C., Hjelmquist, E., & Heiman, M. (1999). Executive Function/Attention Deficits in Boys with Asperger Syndrome, Attention Disorder and Reading/Writing Disorder. *Autism*, 3(3), 213-228.
- O'Connor, K., Hamm, J. P., & Kirk, I. J. (2005). The neurophysiological correlates of face processing in adults and children with Asperger's syndrome. *Brain Cogn*, 59(1), 82-95.
- Odom, R. D., & Lemond, C. M. (1974). Children's use of component patterns of faces in multidimensional recall problems. *Child Dev*, 45(2), 527-531.
- Ogai, M., Matsumoto, H., Suzuki, K., Ozawa, F., Fukuda, R., Uchiyama, I., et al. (2003). fMRI study of recognition of facial expressions in high-functioning autistic patients. *Neuroreport*, 14(4), 559-563.
- Olivares, E. I., & Iglesias, J. (2008). Brain potentials and integration of external and internal features into face representations. *Int J Psychophysiol*, 68(1), 59-69.
- Osterling, J., & Dawson, G. (1994). Early recognition of children with autism: a study of first birthday home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(3), 247-257.
- Osterling, J., Dawson, G., & Munson, J. A. (2002). Early recognition of 1-year-old infants with autism spectrum disorder versus mental retardation. *Development and Psychopathology*, 14(2), 239-251.
- Ozonoff, S., Cook, I., Coon, H., Dawson, G., Joseph, R. M., Klin, A., et al. (2004). Performance on Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery subtests sensitive to frontal lobe function in people with autistic disorder: evidence from the Collaborative Programs of Excellence in Autism network. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 34(2), 139-150.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1990). Are there emotion perception deficits in young autistic children? *J Child Psychol Psychiatry*, 31(3), 343-361.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. [Comparative Study

- Research Support, Non-U.S. Gov't  
Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 32(7), 1081-1105.
- Ozonoff, S., & Strayer, D. L. (1997). Inhibitory function in nonretarded children with autism. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 27(1), 59-77.
- Paller, K. A., Gonsalves, B., Grabowecky, M., Bozic, V. S., & Yamada, S. (2000). Electrophysiological correlates of recollecting faces of known and unknown individuals. *Neuroimage*, 11(2), 98-110.
- Pascalis, O., de Haan, M., Nelson, C. A., & de Schonen, S. (1998). Long-term recognition memory for faces assessed by visual paired comparison in 3- and 6-month-old infants. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 24(1), 249-260.
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabregrenet, M. (1995). Mothers Face Recognition by Neonates - a Replication and an Extension. *Infant Behavior & Development*, 18(1), 79-85.
- Pascalis, O., Demont, E., de Haan, M., & Campbell, R. (2001). Recognition of faces of different species: A developmental study between 5 and 8 years of age. *Infant and Child Development*, 10(1-2), 39-45.
- Pascalis, O., Rotsaert, M., & Want, S. C. (2005). Is the development of face recognition a specific process? *Enfance*, 57(2), 117-136.
- Pellicano, E., Maybery, M., Durkin, K., & Maley, A. (2006). Multiple cognitive capabilities/deficits in children with an autism spectrum disorder: "weak" central coherence and its relationship to theory of mind and executive control. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Development & Psychopathology*, 18(1), 77-98.
- Pelphrey, K. A., Morris, J. P., McCarthy, G., & LaBar, K. S. (2007). Perception of dynamic changes in facial affect and identity in autism. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(2), 140-149.
- Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(4), 249-261.
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Jr., et al. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 37(2), 127-152.
- Pierce, K., Haist, F., Sedaghat, F., & Courchesne, E. (2004). The brain response to personally familiar faces in autism: findings of fusiform activity and beyond. *Brain*, 127(Pt 12), 2703-2716.
- Pierce, K., Muller, R. A., Ambrose, J., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Face processing occurs outside the fusiform 'face area' in autism: evidence from functional MRI. *Brain*, 124, 2059-2073.
- Plaisted, K. C. (2001). Reduced generalization in autism: An alternative to weak central coherence. *Development of Autism: Perspectives from Theory and Research*, 149-169.
- 374.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Science*, 1, 515-526.
- Puce, A., Allison, T., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1995). Face-sensitive regions in human extrastriate cortex studied by functional MRI. *J Neurophysiol*, 74(3), 1192-1199.
- Puce, A., Allison, T., & McCarthy, G. (1999). Electrophysiological studies of human face perception. III: Effects of top-down processing on face-specific potentials. *Cereb Cortex*, 9(5), 445-458.



- Quinn, P. C., Yahr, J., Kuhn, A., Slater, A. M., & Pascalis, O. (2002). Representation of the gender of human faces by infants: A preference for female. *Perception*, 31(9), 1109-1121.
- Rajendran, G., & Mitchell, P. (2007). Cognitive theories of autism. *Developmental Review*, 27(2), 224-260.
- Remschmidt, H., & Kamp-Becker, I. (2006). *Asperger-Syndrom*. Heidelberg: Springer.
- Rhodes, G. (1988). Looking at faces: first-order and second-order features as determinants of facial appearance. *Perception*, 17(1), 43-63.
- Riby, D. M., Doherty-Sneddon, G., & Bruce, V. (2008). Exploring face perception in disorders of development: evidence from Williams syndrome and autism. *J Neuropsychol*, 2(Pt 1), 47-64.
- Riby, D. M., Doherty-Sneddon, G., & Bruce, V. (2009). The eyes or the mouth? Feature salience and unfamiliar face processing in Williams syndrome and autism. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, 62(1), 189-203.
- Riby, D. M., & Hancock, P. J. (2008). Viewing it differently: social scene perception in Williams syndrome and autism. *Neuropsychologia*, 46(11), 2855-2860.
- Riby, D. M., & Hancock, P. J. (2009a). Do faces capture the attention of individuals with Williams syndrome or autism? Evidence from tracking eye movements. *J Autism Dev Disord*, 39(3), 421-431.
- Riby, D. M., & Hancock, P. J. (2009b). Looking at movies and cartoons: eye-tracking evidence from Williams syndrome and autism. *J Intellect Disabil Res*, 53(2), 169-181.
- Rieffe, C., Terwogt, M. M., & Kotronopoulou, K. (2007). Awareness of single and multiple emotions in high-functioning children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(3), 455-465.
- Righart, R., & de Gelder, B. (2006). Context influences early perceptual analysis of faces - An electrophysiological study. *Cerebral Cortex*, 16(9), 1249-1257.
- Ro, T., Russell, C., & Lavie, N. (2001). Changing faces: a detection advantage in the flicker paradigm. *Psychol Sci*, 12(1), 94-99.
- Robel, L., Ennouri, K., Piana, H., Vaivre-Douret, L., Perier, A., Flament, M. F., et al. (2004). Discrimination of face identities and expressions in children with autism: same or different? *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 13(4), 227-233.
- Rosset, D. B., Rondan, C., Da Fonseca, D., Santos, A., Assouline, B., & Deruelle, C. (2008). Typical emotion processing for cartoon but not for real faces in children with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 919-925.
- Rossion, B., Campanella, S., Gomez, C. M., Delinte, A., Debatisse, D., Liard, L., et al. (1999). Task modulation of brain activity related to familiar and unfamiliar face processing: an ERP study. *Clin Neurophysiol*, 110(3), 449-462.
- Rossion, B., Delvenne, J. F., Debatisse, D., Goffaux, V., Bruyer, R., Crommelinck, M., et al. (1999). Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study. *Biological Psychology*, 50(3), 173-189.
- Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M. J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., et al. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face-specific processes in the human brain. *Neuroreport*, 11(1), 69-74.
- Rossion, B., & Jacques, C. (2008). Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. *Neuroimage*, 39(4), 1959-1979.

- Rossion, B., Joyce, C. A., Cottrell, G. W., & Tarr, M. J. (2003). Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *Neuroimage*, 20(3), 1609-1624.
- Rotshtein, P., Geng, J. J., Driver, J., & Dolan, R. J. (2007). Role of features and second-order spatial relations in face discrimination, face recognition, and individual face skills: behavioral and functional magnetic resonance imaging data. *J Cogn Neurosci*, 19(9), 1435-1452.
- Rouse, H., Donnelly, N., Hadwin, J. A., & Brown, T. (2004). Do children with autism perceive second-order relational features? The case of the Thatcher illusion. *J Child Psychol Psychiatry*, 45(7), 1246-1257.
- Rühl, D., Bölte, S., Feineis-Matthews, S., & Poustka, F. (2004). *Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen (ADOS)*. Bern: Hans Huber.
- Rumsey, J. M. (1985). Conceptual problem-solving in highly verbal, nonretarded autistic men. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 15(1), 23-36.
- Russell, J., Jarrold, C., & Hood, B. (1999). Two intact executive capacities in children with autism: implications for the core executive dysfunctions in the disorder. [Clinical Trial Comparative Study Controlled Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 29(2), 103-112.
- Russo, N., Flanagan, T., Iarocci, G., Berringer, D., Zelazo, P. D., & Burack, J. A. (2007). Deconstructing executive deficits among persons with autism: implications for cognitive neuroscience. [Review]. *Brain & Cognition*, 65(1), 77-86.
- Rutherford, M. D., Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2002). Reading the mind in the voice: a study with normal adults and adults with Asperger syndrome and high functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 32(3), 189-194.
- Rutherford, M. D., Clements, K. A., & Sekuler, A. B. (2007). Differences in discrimination of eye and mouth displacement in autism spectrum disorders. *Vision Res*, 47(15), 2099-2110.
- Rutherford, M. D., & Towns, A. M. (2008). Scan path differences and similarities during emotion perception in those with and without autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(7), 1371-1381.
- Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *J Cogn Neurosci*, 13(7), 937-951.
- Sarfati, Y., & Hardy-Bayle, M. C. (1999). How do people with schizophrenia explain the behaviour of others? A study of theory of mind and its relationship to thought and speech disorganization in schizophrenia. *Psychol Med*, 29(3), 613-620.
- Sasson, N. J. (2006). The development of face processing in autism. *J Autism Dev Disord*, 36(3), 381-394.
- Scaife, M., & Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, 253(5489), 265-266.
- Scherf, K. S., Luna, B., Kimchi, R., Minshew, N., & Behrmann, M. (2008). Missing the big picture: impaired development of global shape processing in autism. *Autism Res*, 1(2), 114-129.
- Schultz, R. T. (2005). Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23(2-3), 125-141.
- Schultz, R. T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R. K., Anderson, A. W., Volkmar, F., et al. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination

- among individuals with autism and Asperger syndrome. *Arch Gen Psychiatry*, 57(4), 331-340.
- Schwartz, G. M., Izard, C. E., & Ansul, S. E. (1985). The 5-Month-Olds Ability to Discriminate Facial Expressions of Emotion. *Infant Behavior & Development*, 8(1), 65-77.
- Schwarzer, G. (1997). Development of face categorization: The role of conceptual knowledge. *Sprache & Kognition*, 16(1), 14-30.
- Schwarzer, G. (2000). Development of face processing: The effect of face inversion. *Child Development*, 71(2), 391-401.
- Schwarzer, G. (2002). Processing of facial and non-facial visual stimuli in 2-5-year-old children. *Infant and Child Development*, 11(3), 253-269.
- Schwarzer, G., Huber, S., & Dummmler, T. (2005). Gaze behavior in analytical and holistic face processing. *Memory & Cognition*, 33(2), 344-354.
- Schwarzer, G., & Jovanovic, B. (2010). The Relationship Between Processing Facial Identity and Emotional Expression in 8-Month-Old Infants. *Infancy*, 15(1), 28-45.
- Schwarzer, G., & Korell, M. (2001). Gesichterverarbeitung im Kleinkind- und Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 33(2), 78-90.
- Schwarzer, G., & Zauner, N. (2003). Face processing in 8-month-old infants: evidence for configural and analytical processing. *Vision Res*, 43(26), 2783-2793.
- Schwarzer, G., Zauner, N., & Jovanovic, B. (2007). Evidence of a shift from featural to configural face processing in infancy. *Developmental Science*, 10(4), 452-463.
- Schweinberger, S. R., Burton, A. M., & Kelly, S. W. (1999). Asymmetric dependencies in perceiving identity and emotion: experiments with morphed faces. *Percept Psychophys*, 61(6), 1102-1115.
- Schweinberger, S. R., Pickering, E. C., Jentsch, I., Burton, A. M., & Kaufmann, J. M. (2002). Event-related brain potential evidence for a response of inferior temporal cortex to familiar face repetitions. *Brain Res Cogn Brain Res*, 14(3), 398-409.
- Schweinberger, S. R., & Soukup, G. R. (1998). Asymmetric relationships among perceptions of facial identity, emotion, and facial speech. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 24(6), 1748-1765.
- Scott, F., & Baron-Cohen, S. (1996). Logical, analogical, and psychological reasoning in autism: A test of the Cosmides theory. *Development and Psychopathology*, 8(01), 235-245.
- Scott, L. S., & Nelson, C. A. (2006). Featural and configural face processing in adults and infants: A behavioral and electrophysiological investigation. *Perception*, 35(8), 1107-1128.
- Senju, A., Tojo, Y., Yaguchi, K., & Hasegawa, T. (2005). Deviant gaze processing in children with autism: an ERP study. *Neuropsychologia*, 43(9), 1297-1306.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D., Goldsher, D., & Aharon-Peretz, J. (2005). Impaired "affective theory of mind" is associated with right ventromedial prefrontal damage. *Cogn Behav Neurol*, 18(1), 55-67.
- Sigman, M. D., Kasari, C., Kwon, J. H., & Yirmiya, N. (1992). Responses to the negative emotions of others by autistic, mentally retarded, and normal children. *Child Dev*, 63(4), 796-807.
- Silver, M., & Oakes, P. (2001). Evaluation of a new computer intervention to teach people with autism or Asperger syndrome to recognize and predict emotions in others. *Autism*, 5(3), 299-316.
- Simion, F., Macchi Cassia, V., Turati, C., & Valenza, E. (2003). Non-specific perceptual biases at the origins of face processing. In O. Pascalis & A. Slater (Eds.), *The*

- development of face processing in infancy and childhood: Current perspectives* (pp. 13-25). New York: Nova Publishers.
- Simion, F., Valenza, E., & Umiltà, C. (1998). Mechanisms underlying face preference at birth. In G. Butterworth & F. Simion (Eds.), *The development of sensory, motor and cognitive capacities in early infancy: From perception to cognition* (pp. 352 pp). Hove: Psychology Press/Erlbaum.
- Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C., & Dalla Barba, B. (1998). Preferential orienting to faces in newborns: a temporal-nasal asymmetry. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 24(5), 1399-1405.
- Sodian, B., Hulsken, C., & Thoermer, C. (2003). The self and action in theory of mind research. *Conscious Cogn*, 12(4), 777-782.
- Spangler, S. M., Schwarzer, G., Korell, M., & Maier-Karius, J. (2010). The relationships between processing facial identity, emotional expression, facial speech, and gaze direction during development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 105(1-2), 1-19.
- Spezio, M. L., Adolphs, R., Hurley, R. S., & Piven, J. (2007a). Abnormal use of facial information in high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 37(5), 929-939.
- Spezio, M. L., Adolphs, R., Hurley, R. S., & Piven, J. (2007b). Analysis of face gaze in autism using "Bubbles". *Neuropsychologia*, 45(1), 144-151.
- Spezio, M. L., Huang, P. Y., Castelli, F., & Adolphs, R. (2007). Amygdala damage impairs eye contact during conversations with real people. *J Neurosci*, 27(15), 3994-3997.
- Stanfield, A. C., McIntosh, A. M., Spencer, M. D., Philip, R., Gaur, S., & Lawrie, S. M. (2008). Towards a neuroanatomy of autism: a systematic review and meta-analysis of structural magnetic resonance imaging studies. *Eur Psychiatry*, 23(4), 289-299.
- Stark, R., Zimmermann, M., Kagerer, S., Schienle, A., Walter, B., Weygandt, M., et al. (2007). Hemodynamic brain correlates of disgust and fear ratings. *Neuroimage*, 37(2), 663-673.
- Stauch, J. (2004). *Gesichterverarbeitung im Entwicklungsverlauf: Abhängige oder unabhängige Verarbeitung von Identität und emotionalem Ausdruck*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.
- Steffenburg, S., Gillberg, C., Hellgren, L., Andersson, L., Gillberg, I. C., Jakobsson, G., et al. (1989). A Twin Study of Autism in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 30(3), 405-416.
- Swettenham, J., Baron-Cohen, S., Charman, T., Cox, A., Baird, G., Drew, A., et al. (1998). The frequency and distribution of spontaneous attention shifts between social and nonsocial stimuli in autistic, typically developing, and nonautistic developmentally delayed infants. *J Child Psychol Psychiatry*, 39(5), 747-753.
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Q J Exp Psychol A*, 46(2), 225-245.
- Tanaka, J. W., Kay, J. B., Grinnell, E., Stansfield, B., & Szechter, L. (1998). Face Recognition in Young Children: When the Whole is Greater than the Sum of Its Parts. *Visual Cognition*, 5(4), 479-496.
- Tanaka, J. W., & Sengco, J. A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory & Cognition*, 25(5), 583-592.
- Tantam, D., Monaghan, L., Nicholson, H., & Stirling, J. (1989). Autistic Childrens Ability to Interpret Faces - a Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 30(4), 623-630.
- Tardif, C., Laine, F., Rodriguez, M., & Gepner, B. (2007). Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and

- induces facial-vocal imitation in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8), 1469-1484.
- Taylor, B., Lingam, R., Simmons, A., Stowe, J., Miller, E., & Andrews, N. (2002). Autism and MMR vaccination in North London; no causal relationship. *Molecular Psychiatry*, 7, S7-S8.
- Taylor, M., Edmonds, G., McCarthy, G., & Allison, T. (2001). Eyes first! Eye processing develops before face processing in children. *Neuroreport*, 12(8), 1671-1676.
- Taylor, M., Itier, R. J., Allison, T., & Edmonds, G. (2001). Direction of gaze effects on early face processing: eyes-only versus full faces. *Cognitive Brain Research*, 10(3), 333-340.
- Taylor, M., McCarthy, G., Saliba, E., & Degiovanni, E. (1999). ERP evidence of developmental changes in processing of faces. *Clinical Neurophysiology*, 110(5), 910-915.
- Teunisse, J. P., & de Gelder, B. (2003). Face processing in adolescents with autistic disorder: The inversion and composite effects. *Brain and Cognition*, 52(3), 285-294.
- Tewes, U., Rossmann, P., & Schallberger, U. (1999). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III (HAWIK III)*. Bern: Hans Huber.
- Thierry, G., Pegna, A. J., Dodds, C., Roberts, M., Basan, S., & Downing, P. (2006). An event-related potential component sensitive to images of the human body. *Neuroimage*, 32(2), 871-879.
- Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher: a new illusion. *Perception*, 9(4), 483-484.
- Thorpe, S., Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 381(6582), 520-522.
- Thorpe, S., Gegenfurtner, K. R., Fabre-Thorpe, M., & Bulthoff, H. H. (2001). Detection of animals in natural images using far peripheral vision. *European Journal of Neuroscience*, 14(5), 869-876.
- Treffert, D. A. (1988). The idiot savant: a review of the syndrome. [Review]. *American Journal of Psychiatry*, 145(5), 563-572.
- Trepagnier, C., Sebrechts, M. M., & Peterson, R. (2002). Atypical face gaze in autism. *Cyberpsychology & Behavior*, 5(3), 213-217.
- Turati, C. (2004). Why faces are not special to newborns: An alternative account of the face preference. *Current Directions in Psychological Science*, 13(1), 5-8.
- Turati, C., Sangrigoli, S., Ruel, J., & de Schonen, S. (2004). Evidence of the face inversion effect in 4-month-old infants. *Infancy*, 6(2), 275-297.
- van der Geest, J. N., Kemner, C., Camfferman, G., Verbaten, M. N., & van Engeland, H. (2002). Looking at images with human figures: comparison between autistic and normal children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(2), 69-75.
- van der Geest, J. N., Kemner, C., Verbaten, M. N., & van Engeland, H. (2002). Gaze behavior of children with pervasive developmental disorder toward human faces: a fixation time study. *J Child Psychol Psychiatry*, 43(5), 669-678.
- Volkmar, F. R., Sparrow, S. S., Rende, R. D., & Cohen, D. J. (1989). Facial perception in autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 30(4), 591-598.
- Vuadens, P. (2005). The anatomical bases of the theory of mind: A review. *Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie*, 156(4), 136-146.
- Vuilleumier, P. (2002). Facial expression and selective attention. *Current Opinion in Psychiatry*, 15(3), 291-300.
- Vuilleumier, P., & Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: Evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45(1), 174-194.

- Vuilleumier, P., Richardson, M. P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Nature Neuroscience*, 7(11), 1271-1278.
- Walden, T. A., & Ogan, T. A. (1988). The development of social referencing. *Child Dev*, 59(5), 1230-1240.
- Wallace, S., Coleman, M., & Bailey, A. (2008a). Face and object processing in autism spectrum disorders. *Autism Res*, 1(1), 43-51.
- Wallace, S., Coleman, M., & Bailey, A. (2008b). An investigation of basic facial expression recognition in autism spectrum disorders. *Cognition & Emotion*, 22(7), 1353-1380.
- Wallace, S., Coleman, M., Pascalis, O., & Bailey, A. (2006). A study of impaired judgment of eye-gaze direction and related face-processing deficits in autism spectrum disorders. *Perception*, 35(12), 1651-1664.
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M., & Dapretto, M. (2007). Reading affect in the face and voice - Neural correlates of interpreting communicative intent in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Archives of General Psychiatry*, 64(6), 698-708.
- Want, S. C., Pascalis, O., Coleman, M., & Blades, M. (2003). Face facts: is the development of face recognition in early and middle childhood really so special? In O. Pascalis & A. Slater (Eds.), *The Development of face processing in infancy and early childhood* (pp. 207-221). New York: Nova Science Publishers.
- Webb, S. J., Dawson, G., Bernier, R., & Panagiotides, H. (2006). ERP evidence of atypical face processing in young children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(7), 881-890.
- Webb, S. J., Jones, E. J. H., Merkle, K., Murias, M., Greenson, J., Richards, T., et al. (2010). Response to familiar faces, newly familiar faces, and novel faces as assessed by ERPs is intact in adults with autism spectrum disorders. *International Journal of Psychophysiology*, 77(2), 106-117.
- Weeks, S. J., & Hobson, R. P. (1987). The salience of facial expression for autistic children. *J Child Psychol Psychiatry*, 28(1), 137-151.
- Weiß, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R)* Göttingen: Hogrefe.
- Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: the truth about false belief. *Child Dev*, 72(3), 655-684.
- Whalen, P. J., Rauch, S. L., Etcoff, N. L., McInerney, S. C., Lee, M. B., & Jenike, M. A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *J Neurosci*, 18(1), 411-418.
- Willemsen-Swinkels, S. H. N., Bakermans-Kranenburg, M. J., Buitelaar, J. K., van IJzendoorn, M. H., & van Engeland, H. (2000). Insecure and disorganised attachment in children with a pervasive developmental disorder: Relationship with social interaction and heart rate. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(6), 759-767.
- Wilson, R., Pascalis, O., & Blades, M. (2007). Familiar face recognition in children with autism; the differential use of inner and outer face parts. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(2), 314-320.
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Cognition*, 13(1), 103-128.

- Wolf, J. M. (2006). Awareness threshold for face processing in individuals with autism. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*, 66(10-B), 5699.
- Wolf, J. M., Tanaka, J. W., Klaiman, C., Cockburn, J., Herlihy, L., Brown, C., et al. (2008). Specific impairment of face-processing abilities in children with autism spectrum disorder using the Let's Face It! skills battery. *Autism Res*, 1(6), 329-340.
- Wong, T. K. W., Fung, P. C. W., Chua, S. E., & McAlonan, G. M. (2008). Abnormal spatiotemporal processing of emotional facial expressions in childhood autism: dipole source analysis of event-related potentials. *European Journal of Neuroscience*, 28(2), 407-416.
- Wright, B., Clarke, N., Jordan, J., Young, A. W., Clarke, P., Miles, J., et al. (2008). Emotion recognition in faces and the use of visual context in young people with high-functioning autism spectrum disorders. *Autism*, 12(6), 607-626.
- Yin, R. K. (1969). Looking at Upside-down Faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 141-&.
- Yirmiya, N., Kasari, C., Sigman, M., & Mundy, P. (1989). Facial Expressions of Affect in Autistic, Mentally-Retarded and Normal-Children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 30(5), 725-735.
- Young, A. W., & Bion, P. J. (1980). Absence of any developmental trend in right hemisphere superiority for face recognition. *Cortex*, 16(2), 213-221.
- Young, A. W., & Bion, P. J. (1981). Accuracy of naming laterally presented known faces by children and adults. *Cortex*, 17(1), 97-106.
- Young, A. W., Hellawell, D., & Hay, D. C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16(6), 747-759.
- Young, A. W., McWeeny, K. H., Hay, D. C., & Ellis, A. W. (1986). Matching familiar and unfamiliar faces on identity and expression. *Psychol Res*, 48(2), 63-68.
- Youngbrowne, G., Rosenfeld, H. M., & Horowitz, F. D. (1977). Infant Discrimination of Facial Expressions. *Child Development*, 48(2), 555-562.
- Yovel, G., & Duchaine, B. (2006). Specialized face perception mechanisms extract both part and spacing information: evidence from developmental prosopagnosia. *J Cogn Neurosci*, 18(4), 580-593.
- Zion-Golumbic, E., & Bentin, S. (2007). Dissociated neural mechanisms for face detection and configural encoding: Evidence from N170 and induced gamma-band oscillation effects. *Cerebral Cortex*, 17(8), 1741-1749.

## **10. ANHANG**

Anhang A - Abbildungsverzeichnis

Anhang B - Tabellenverzeichnis

Anhang C - Einverständniserklärung zur Datenübermittlung aus der Marburger  
Spezialambulanz für Autismus-Spektrum-Störungen

Anhang D - Elternfragebogen

Anhang E - Einverständniserklärung zur Teilnahme des Kindes an der Studie

Anhang F - Genehmigung zum Abdrucken der Abbildung 2

Anhang G - Stimulusmaterial aus Studie 1

Anhang H - Stimulusmaterial aus Studie 2



## Abbildungsverzeichnis

*Abbildung 1.* Der Dimensionale Ansatz zur Klassifikation autistischer Störungen unterscheidet auf einem Kontinuum, an dessen einem Ende der Normbereich beginnt, die Bereiche High-functioning-Autismus und Low-functioning-Autismus (oberhalb der Kontinuumslinie). Die Diagnosen der klassischen Klassifikationssysteme lassen sich entsprechend der Schwere der Symptomatik auf diesem Kontinuum anordnen mit dem Asperger-Syndrom an der Grenze zum Normbereich und dem frühkindlichen Autismus am anderen Ende (unterhalb der Kontinuumslinie).

*Abbildung 2.* Beispiel für die Spannungsverteilung und die Spannungseigenschaften der N170, entnommen aus *B. Rossion und C. Jacques (2008). Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. Neuroimage, 39(4), 1959-1979.* Gesichter evozieren um 170 ms nach Stimulus-Onset an posterior temporalen Elektroden eine Negativierung mit größerer Amplitude als Autos, bei gleichzeitiger Positivierung an centro-frontalen Elektroden.

*Abbildung 3.* Theoretisches Modell der Gesichtererkennung nach *V. Bruce und A. Young (1986). Understanding face recognition. Br J Psychol, 77 ( Pt 3), 305-327.*

*Abbildung 4.* Neuronales Modell der Gesichterverarbeitung nach *J. Haxby, E. Hoffman und M. Gobbini (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. Biological Psychiatry, 51(1), 59-67.*

*Abbildung 5.* Beispiel-Item aus dem *Benton Facial Recognition*-Test (1983). In einem aufgeschlagenen Ringblock war in der oberen Hälfte eine Person abgebildet, die ebenfalls in drei der unteren Bilder abgebildet war und dort wiedererkannt werden sollte.

*Abbildung 6.* Beispiele für die Bildpaare der drei verschiedenen Stimuluskategorien „Mensch“ (Tier + Mensch), „Tier“ (Tier + Objekt) und „Distraktor“ (Objekt + Objekt oder Objekt + Mensch).

*Abbildung 7.* Versuchsaufbau, in der Instruktionsphase aufgenommen.

*Abbildung 8.* Richtiglösungen in absoluten Anzahlen mit Standardfehlern für die drei Stimuluskategorien (Tier, Mensch, Distraktor) getrennt nach Autismus- und Kontrollgruppe.

*Abbildung 9.* Reaktionszeiten in ms mit Standardfehlern für die drei Stimuluskategorien (Tier, Mensch, Distraktor) getrennt nach die Autismus- und die Kontrollgruppe.

*Abbildung 10.* Beispiexemplare aus den fünf Stimulus-Kategorien. Die Stimulus-Gesichter umfassten Fotografien von Gesichtern, Cartoon-Gesichter und Smileys. Als Objekt-Stimuli dienten Fotografien von Händen und Schmetterlingen.

*Abbildung 11.* Elektrodenmontage. Das EEG wurde von 18 Elektrodenorte nach dem 10/20-System, 5 zusätzlichen Elektroden und der Cz als Referenzelektrode abgeleitet.

*Abbildung 12.* Positiver Peak (P170) an anterior zentralem Elektrodenort (Fz) zur selben Zeit wie die N170 über posterior temporalen Region der rechten Hemisphäre (P8).

*Abbildung 13.* Topographische Karten der Spannungsverteilung beim Auftreten der N170. Bei den Kontrollkindern zeichnet sich für die drei Gesicht-Kategorien eine deutliche

Rechtslateralisierung des Signals ab. Bei den autistischen Kindern zeigt sich die neuronale Aktivierung für alle Stimulusklassen über beiden Hemisphären gleichmäßig verteilt.

*Abbildung 14.* Grand-Averages für Gesichterstimuli und Objekte an P8 und P7. Grand-Averages der zwei Gruppen für die Gesichter-Stimuli (schwarz), die Hand-Stimuli (rot) und die Schmetterlings-Stimuli (grün). Die N170 für Gesichter ist in der Kontrollgruppe deutlich zu sehen ebenso wie die Amplitudenunterschiede zwischen den Stimulus-Klassen in beiden Gruppen.

*Abbildung 15.* Grand-Averages für die drei Gesichter kategorien an P8. Grand-Averages für die Kontrollgruppe und die Autismus-Gruppe für die drei Stimuluskategorien "Foto" (hellblau), "Cartoon" (mittelblau) und "Smiley" (dunkelblau).

*Abbildung 16.* Topographische Karten der Spannungsverteilung beim Auftreten der P1 im Grand Average mit jeweiligen Latenzangaben zum Auftreten der P1, über alle fünf Stimuluskategorien hinweg und getrennt für Probanden der Kontroll- und der Autismus-Gruppe.

*Abbildung 17.* Das Stimulus-Set umfasste acht Fotografien von zwei verschiedenen Personen (Identitäten A und B), die entweder einen glücklichen oder einen traurigen Gesichtsausdruck zeigten. Die beiden Gesichtsausdrücke wurden in zwei unterschiedlichen Intensitäten gezeigt.

*Abbildung 18.* Die drei Versuchsbedingungen am Beispiel des Kategorisierens nach Identität. Beim Kategorisieren der Stimulus-Gesichter nach ihrer Identität ist die Identität die relevante Dimension und der emotionale Ausdruck die irrelevante Dimension. In der Kontrollbedingung ist der emotionale Gesichtsausdruck bei beiden Identitäten gleich. In der korrelierten Bedingung zeigt die eine Identität immer den einen und die andere Identität immer den anderen Gesichtsausdruck. In der orthogonalen Bedingung verändert sich der Gesichtsausdruck unabhängig von der Identität des Gesichts.

*Abbildung 19.* Auswertungsschema für die Reaktionszeiten: Gleiche Reaktionszeiten in den drei Versuchsbedingungen (korrelierte, Kontroll-, orthogonale Bedingung) wurden als unabhängige Verarbeitung definiert. Kürzere Reaktionszeiten in der korrelierten als der Kontrollbedingung zeigten einen Redundanzgewinn und längere Reaktionszeiten in der orthogonalen als der Kontrollbedingung einen Interferenzeffekt an. Beide Reaktionszeitunterschiede definierten eine unabhängige Verarbeitung der Dimensionen.

*Abbildung 20.* Mittlere Reaktionszeiten in ms mit Standardfehlern. Alle drei Versuchsbedingung (korrelierte, Kontroll-, orthogonale Bedingung) für die Klassifikationen nach Identität (blaue Linie) und emotionalem Ausdruck (rote Linie) getrennt nach Gruppen.

**Tabellenverzeichnis**

*Tabelle 1. Beschulungsform der Kinder der Autismus-Gruppe und der Kontrollgruppe in absoluten Häufigkeiten, getrennt nach Regelschule und Sonderbeschulung.*

*Tabelle 2. Alter in Jahren und IQ-Werte für alle Kinder beider Stichproben. (Gesamtstichprobe)*

*Tabelle 3. Alter in Jahren und IQ-Werte für die Versuchsteilnehmer getrennt nach Gruppen. (Studie 1)*

*Tabelle 4. IQ-Werte und Altersangaben in Jahren der Kinder der Autismus- und Kontrollgruppe. (Studie 2)*

*Tabelle 5. Mittlere Amplituden in  $\mu V$  (a) und Latenzen in ms (b) (mit Standardabweichungen) der N170 an P7 und P8 für alle Stimulusklassen getrennt nach Kontrollgruppe und Autismus-Gruppe.*

*Tabelle 6. Korrelationen der N170-Amplituden und –Latenzen gemessen an P8 mit dem Alter der Probanden.*

*Tabelle 7. Mittlere Amplituden in  $\mu V$  (a) und Latenzen in ms (b) der P1 an okzipitalen (O1, O2) und parietalen (P7, P8) Elektroden für alle Stimulusklassen jeweils getrennt für autistische und nicht-autistische Probanden. Standardabweichungen in Klammern.*

*Tabelle 8. Alter in Jahren und IQ-Werte der Kinder der Autismus-Gruppe und der Kontrollgruppe. (Studie 3)*

**Einverständniserklärung zur Datenübermittlung**

Name des Teilnehmers: \_\_\_\_\_

Hiermit erkläre ich, dass ich über die Kooperationsstudie zur Gesichterwahrnehmung bei autistischen Kindern und Jugendlichen in der Abteilung für Entwicklungspsychologie der Universität Gießen informiert worden bin.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die an der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und –psychotherapie der Philipps-Universität Marburg erhobenen Daten in anonymisierter Form unter Anwendung einer Schlüsselliste an die Abteilung für Entwicklungspsychologie der Justus-Liebig Universität Gießen weitergegeben werden.

Des Weiteren stimme ich zu, dass alle Aufnahmen zur Person meines Sohnes zu wissenschaftlichen Zwecken in anonymisierter Form innerhalb der Abteilung Entwicklungspsychologie der Justus-Liebig-Universität und zu Veröffentlichungen im Rahmen dieser Arbeiten genutzt werden dürfen.

ich stimme zu

ich stimme nicht zu

Gießen, den \_\_\_\_\_

Unterschrift des Erziehungsberechtigten \_\_\_\_\_

## Fragebogen

Bitte versuchen Sie die folgenden Fragen so genau wie möglich zu beantworten. Denken Sie bei der Beantwortung der Fragen v.a. an das letzte halbe Jahr.

Sollten Sie sich bei einer Frage nicht entscheiden können, lassen Sie die Frage bitte nicht aus, sondern kreuzen Sie die Antwortmöglichkeit an, die Ihnen noch am ehesten zutreffend erscheint.

### Vorab

Geburtstag Ihres Sohnes: \_\_\_\_\_

Wer hat den Fragebogen ausgefüllt?      Mutter      Vater      beide Eltern gemeinsam

### Gesundheitliche Situation

Sehfähigkeit: Brille:    nein    ja

Augenprobleme bekannt:    nein    ja: \_\_\_\_\_

andere Erkrankungen: \_\_\_\_\_

regelmäßig eingenommene Medikamente: \_\_\_\_\_

### Beschulung:

Art der Schule:    Gymnasium      Realschule      Hauptschule      Grundschule

Sonderschule: \_\_\_\_\_

im Internat

mit Integrationshilfe

welche Klasse: \_\_\_\_\_

zahlenmäßiges Schüler / Lehrer –Verhältnis: \_\_\_\_\_

### Familiensituation:

Eltern:

	Mutter	Vater
Ausbildung		
Beruf		

Geschwister:    nein    ja, Anzahl: \_\_\_\_\_

Geschwisterposition des betroffenen Kindes: 1. 2. 3. 4. 5. 6.

Wer aus der Familie lebt zu Hause / im selben Haushalt?

alle    alle außer Kind. Wo lebt das Kind? \_\_\_\_\_

Mutter           Vater           Geschwister           Großeltern

sonstige: \_\_\_\_\_

### Soziale Umgebung

Wie oft sieht Ihr Sohn die folgenden Personen? (Beinhaltet auch zufälliges Treffen)

Mutter	
Vater	
Geschwister	
Großeltern	
Onkel / Tanten	
Cousin / Cousine	
gleichaltrige Freunde	
Freunde der Familie	
Nachbarn	
Klassenkameraden	
Therapeuten	
andere:	

7 = täglich

6 = 1-2 x Woche

5 = alle 2 Wochen

4 = 1 x Monat

3 = mehrmals im Jahr

2 = 1-2 x Jahr

1 = selten

0 = nie

Bei den meisten der folgenden Fragen soll eingeschätzt werden, wie häufig das umschriebene Verhalten bei Ihrem Sohn vorkommt. Nehmen Sie dabei Folgendes als Richtlinie:

0 = niemals
1 = selten
2 = manchmal
3 = häufig
4 = immer

#### Zum Umgang mit anderen Personen

Zeigt er Interesse an Gleichaltrigen? 0 1 2 3 4

Zeigt er Interesse an anderen Menschen anderen Alters? 0 1 2 3 4

Spielt er schon mal mit Gleichaltrigen? 0 1 2 3 4

Beschäftigt er sich viel alleine in seinem Zimmer? 0 1 2 3 4

Wie gestaltet sich der Umgang mit Gleichaltrigen / seinen Geschwistern?

Streit      gemeinsames Spielen      paralleles Spielen \_\_\_\_\_

Beschäftigt er sich gerne mit Erwachsenen?      nein      ja, \_\_\_\_\_

Hat ihr Sohn Freunde / einen sehr guten Freund? \_\_\_\_\_

#### Zur Gesichterwahrnehmung

Schaut er seinen Gesprächspartnern direkt ins Gesicht? 0 1 2 3 4

Weicht er Ihrem (Mutter / Vater) Blickkontakt aus? 0 1 2 3 4

Sucht er selbst Blickkontakt? 0 1 2 3 4

Hat er Schwierigkeiten, ihm gut bekannte Personen wieder zu erkennen? 0 1 2 3 4

Hat er Schwierigkeiten, ihm weniger bekannte Personen wieder zu erkennen? 0 1 2 3 4

Ist er daran interessiert, dass Sie an seiner Freude teilnehmen? (etwas zeigen) 0 1 2 3 4

Versteht er, wenn andere um ihn herum traurig oder fröhlich sind? 0 1 2 3 4

Reagiert er darauf? (z.B. Trösten, eigener Gesichtsausdruck) 0 1 2 3 4

Erkennt er den Unterschied zwischen „auslachen“ und „anlachen“? 0 1 2 3 4

Erkennt man an seinem eigenen Gesichtsausdruck, wie es ihm geht? 0 1 2 3 4

Kann er z.B. Freude, Trauer, Wut mimisch ausdrücken? 0 1 2 3 4

Ist sein Gesichtsausdruck passend zur jeweiligen Situation? 0 1 2 3 4

Haben Sie zu diesem Thema noch andere Besonderheiten beobachtet?

---

---

Bezug nehmend auf die eben behandelten Fragen zur Gesichterwahrnehmung, haben sich diese Fähigkeiten Ihres Sohnes im Laufe des letzten Jahres verändert?

wurde schlechter	keine Veränderungen erkennbar
wurde etwas besser	wurde deutlich besser

### Therapeutische Maßnahmen

Nimmt ihr Sohn irgendwelche therapeutischen Angebote wahr?

nein    ja    nicht mehr

Wenn ja, welche: \_\_\_\_\_

---

---

wie oft:    1 x Monat    1 x Woche    häufiger: \_\_\_\_\_

seltener: \_\_\_\_\_

seit wann: \_\_\_\_\_

Übt Ihr Sohn dabei auch speziell den Umgang mit Gesichtern?

---

---

Gibt es sonst noch etwas, das Ihnen wichtig erscheint, wonach wir aber nicht ausdrücklich gefragt haben?

---

---

---

---

---



## **Studie zur Gesichterverarbeitung bei Kindern und Jugendlichen mit und ohne Autismus**

Unser Forschungsvorhaben untergliedert sich in sechs Aufgaben zur Gesichtserkennung: eine EEG-Ableitung, vier Aufgaben am Computer und eine Befragung.

**EEG-Ableitung:** Im EEG-Teil der Studie möchten wir die Reaktion des Gehirns untersuchen, unmittelbar nachdem ein Gesicht betrachtet wurde. Diese Reaktion kann mit Hilfe eines Elektroenzephalogramms (EEG) „sichtbar“ gemacht werden.

Um ein EEG von der Kopfoberfläche ableiten zu können, muss eine flexible Haube aufgesetzt werden, in der sich Elektroden befinden. Für den Kontakt zwischen Haube und Kopfoberfläche wird ein Gel in die Haube gefüllt.

Das Verfahren ist garantiert schmerzfrei und mit keinen bekannten gesundheitlichen Risiken oder Gefahren verbunden.

Während der eigentlichen Untersuchung werden auf einem Computerbildschirm einige Bilder von Gesichtern gezeigt, die einfach nur betrachtet werden sollen.

Im Anschluss an das Verfahren wird eine Haarwäsche nötig sein, um das verwendete Gel auszuspülen.

Die EEG-Untersuchung dauert insgesamt ca. 50 Minuten, wobei die eigentliche Aufgabe, bei der das EEG aufgezeichnet wird, nur 12 Minuten beansprucht.

**Vier Computeraufgaben:** Wir untersuchen mit diesen Aufgaben, anhand welcher Strategien Gesichter betrachtet und behalten werden. Die Aufgaben dauern zwischen fünf und 15 Minuten. Dabei sollen zwei Tasten gedrückt werden, je nachdem, welches Bild auf dem Bildschirm zu sehen ist.

**Befragung:** Bei der Befragung sollen Schwierigkeiten im Wiedererkennen von Gesichtern aufdecken werden. Die Versuchsleiterin legt dabei Portraitaufnahmen von Personen vor, die anschließend in einer Menge von Bildern wieder erkannt werden sollen. Die Antworten werden in diesem Fall einfach notiert. Diese Aufgabe dauert durchschnittlich 10 Minuten.

Bei allen Aufgaben sind jederzeit individuelle Pausen möglich.

Alle Daten werden in anonymisierter Form gespeichert und zu wissenschaftlichen Zwecken ausgewertet.

Wir wären ihnen dankbar, wenn Sie und Ihr Kind sich zu einer Teilnahme bereit erklären würden. Die Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig. Sie können Ihre Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen ohne dass Ihnen oder Ihrem Kind dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

### **Einverständniserklärung**

Teilnehmer / in

....., geb. am .....  
(Name, Vorname des Kindes)

Hiermit stimme ich der Teilnahme meines Kindes an der EEG-Studie zur Gesichtererkennung zu. Wir wurden über das Verfahren der EEG-Ableitung und den Inhalt der Studie in einem Schreiben und im Gespräch ausreichend informiert und hatten Gelegenheit unsere Fragen zu stellen.

Weiterhin stimme ich der Aufzeichnung und der Auswertung der personenbezogenen Daten meines Kindes zu. Ich willige ein, dass diese Daten zu wissenschaftlichen Zwecken ausgewertet und nach datenschutzrechtlichen Bestimmungen in anonymisierter Form auch zu Veröffentlichungen verwendet werden dürfen.

Ich habe das Recht, diese Bereitschaftserklärung zu widerrufen.

.....  
(Ort, Datum)

.....  
(Unterschrift der / des Erziehungsberechtigten)

**ELSEVIER LICENSE  
TERMS AND CONDITIONS**

Dec 14, 2010

This is a License Agreement between Julia Krebs ("You") and Elsevier ("Elsevier") provided by Copyright Clearance Center ("CCC"). The license consists of your order details, the terms and conditions provided by Elsevier, and the payment terms and conditions.

Supplier Elsevier Limited  
The Boulevard, Langford Lane  
Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK  
Registered Company Number 1982084  
Customer name Julia Krebs  
Customer address Schottmuellerstrasse 15,  
Hamburg, other 20251  
License number 2567820241329  
License date Dec 14, 2010  
Licensed content publisher Elsevier  
Licensed content publication NeuroImage  
Licensed content title Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170  
Licensed content author Bruno Rossion, Corentin Jacques  
Licensed content date 15 February 2008  
Licensed content volume number 39  
Licensed content issue number 4  
Number of pages 21  
Start Page 1959  
End Page 1979  
Type of Use reuse in a thesis/dissertation  
Portion figures/tables/illustrations  
Number of figures/tables/illustrations 1  
Format both print and electronic  
Are you the author of this Elsevier article? No  
Will you be translating? Yes  
Number of languages 1  
Languages german  
Order reference number  
Title of your thesis/dissertation Gesichterverarbeitung bei Kindern mit Autismus  
Expected completion date Mar 2011  
Estimated size (number of pages) 200  
Elsevier VAT number GB 494 6272 12  
Permissions price 0.00 EUR  
Value added tax 17.5% 0.0 USD / 0.0 GBP  
Total 0.00 EUR

### Vermerk:

Um die Privatsphäre der Personen, die auf den Bildern abgebildet sind zu wahren, wurde das Stimulusmaterial der Studie 1 in der Online-Veröffentlichung der Arbeit an dieser Stelle nicht abgebildet.

Bei Interesse kann das Stimulumaterial zur Einsicht bei der Autorin unter folgender E-Mail-Adresse erfragt werden: *Krebs.Julia@googlemail.com*

### Vermerk:

Um die Privatsphäre der Personen, die auf den Bildern abgebildet sind zu wahren, wurde das Stimulusmaterial der Studie 2 in der Online-Veröffentlichung der Arbeit an dieser Stelle nicht abgebildet.

Bei Interesse kann das Stimulumaterial zur Einsicht bei der Autorin unter folgender E-Mail-Adresse erfragt werden: *Krebs.Julia@googlemail.com*